Algoritam za tehnološku klasifikaciju na temelju CAD 3D modela izratka

Antolić, Dražen

Doctoral thesis / Disertacija

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:129793

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DRAŽEN ANTOLIĆ

ALGORITAM ZA TEHNOLOŠKU KLASIFIKACIJU NA TEMELJU CAD 3D MODELA IZRATKA

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DRAŽEN ANTOLIĆ

ALGORITAM ZA TEHNOLOŠKU KLASIFIKACIJU NA TEMELJU CAD 3D MODELA IZRATKA

DOKTORSKI RAD

Mentor:
Prof. dr. sc. PREDRAG ĆOSIĆ

Zagreb, 2017.

University of Zagreb

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING AND NAVAL ARCHITECTURE

DRAŽEN ANTOLIĆ

ALGORITHM FOR TECHNOLOGICAL CLASSIFICATION BASED ON CAD 3D MODEL OF THE WORKPIECE

DOCTORAL THESIS

Supervisor:
Prof. dr. sc. PREDRAG ĆOSIĆ

Zagreb, 2017.

PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU:

UDK:	658.5
Ključne riječi:	Projektiranje tehnoloških procesa CAD 3D model (3DM) Dohvat značajki CAD 3D modela Tehnološka klasifikacija Kodiranje izradaka Kodiranje izrade Procjena cijene koštanja Osnovni tehnološki proces (OTP) Aplikacija za dohvat značajki (BTP) Zapis tehnoloških značajki (.btp) OTP baza podataka (OTPbp) OTP metoda (mOTP)
Znanstveno područje:	TEHNIČKE ZNANOSTI
Znanstveno polje:	Strojarstvo
Institucija u kojoj je rad izrađen:	FSB Zagreb
Mentor rada:	Prof. dr. sc. Predrag Ćosić
Broj stranica:	223
Broj slika:	50
Broj tablica:	44
Broj korištenih bibliografskih jedinica:	35
Broj priloga:	5
Broj stranica priloga:	134
Datum obrane:	01.12.2017.
Povjerenstvo:	Prof. dr. sc. Toma Udiljak, predsjednik Prof. dr. sc. Nenad Bojčetić Prof. dr. sc. Borut Buchmeister Doc. dr. sc. Hrvoje Cajner Prof. dr. sc. Predrag Ćosić
Institucija u kojoj je rad pohranjen:	FSB Zagreb

Deset godina sam ovo istraživao.
Koliko još, nikad nisi pitala.
Uvijek si me vjerno podržavala.
Bez tebe ne bih uspio.
Hvala Ti, voljena moja Karolino.

Fakultet strojarstva i brodogradnje
Ivana Lučića 5, 10000 Zagreb

Datum upisa: 20.10.2016. 9:38:56

Klasifikacijska oznaka
643 - 03 / 16 - 27 / 13

Urudžbeni broj: 251 - 380 - 1703 - 16 - 5
Priloga: -

Sveučilište u Zagrebu

Senat

KLASA: 643-03/16-11/128
URBROJ: 380-130/134-16-2
Zagreb, 14. listopada 2016.

Na temelju članka 21. Statuta Sveučilišta u Zagrebu (veljača 2005.), a na prijedlog Povjerenstva za doktorske radove, Senat Sveučilišta u Zagrebu donio je, na svojoj 2. sjednici Senata održanoj 11. listopada 2016. u 348. akademskoj godini (2016./2017.)

Odluku

o odobravanju pokretanja postupka stjecanja doktorata znanosti u okviru doktorskoga studija predloženiku

mr. sc. Draženu Antoliću
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

Tema: Algoritam za tehnološku klasifikaciju na temelju CAD 3D modela izratka

Rektor

Prof. dr. sc. Damir Boras

Odluka se dostavlja:
1. Sveučilištu u Zagrebu, Fakultetu strojartsva i brodogranje
2. a/a

Sveučilište u Zagrebu, p.p. 407, Trg maršala Tita 14, HR - 10000 Zagreb
tel.: +385 (0)1 4564 255; faks: +385 (0)1 4564 108
e-mail: rector@unizg.hr; url.: www.unizg.hr

Zahvaljujem svima koji su na bilo koji način doprinijeli ovom radu. Posebno onima koji s pravom smatraju da su ovdje trebali biti navedeni imenom i prezimenom.

SADRŽAJ

SAŽETAK XI
EXTENDED SUMMARY XII
KLJUČNE RIJEČI XIX
POPIS KRATICA XX
POPIS OZNAKA XXI
POPIS SLIKA XXII
POPIS TABLICA XXIV
1. UVOD 1
2. METODA OSNOVNOG TEHNOLOŠKOG PROCESA (mOTP) 6
2.1 OTP PROCES 7
2.1.1 Kvantificiranje značajki izratka 8
2.1.2 Kodiranje izratka 9
2.1.3 Kodiranje izrade 10
2.1.4 Kvantificiranje elemenata utroška 12
2.1.5 Izračun cijene koštanja izratka 13
2.1.6 Samonadogradnja uzorka 15
2.2 OTP SUSTAV 16
2.2.1 OTP izradak 18
2.2.2 OTP usluge 21
2.2.3 OTP polazni materijal 23
2.2.4 OTP rad 25
2.2.5 OTP uzorak 27
2.2.6 OTP sustav kodiranja izratka 30
2.2.7 OTP sustav kodiranja izrade 39
2.2.8 OTP list 45
2.3 OTP BAZA PODATAKA (OTPbp) 49
2.3.1 Tablice 50
2.3.2 Upiti 51
2.3.3 Obrasci 52
2.3.4 Visual Basic kod 53
3. HIPOTEZA 54
4. APLIKACIJA ZA ZAPIS TEHNOLOŠKIH ZNAČAJKI 3DM (BTP) 55
4.1 CAD MODELIRANJE 57
4.1.1 Predložak za modeliranje 58
4.1.2 Preporuke za modeliranje 59
4.1.3 Ograničenja modeliranja 61
4.2 UNOS PARAMETARA U 3DM 62
4.2.1 Metoda ručnog unosa parametara u BTP 63
4.2.2 Metoda pozivom pred definiranih setova parametara u BTP 64
4.2.3 Metoda preuzimanja parametara iz prethodnog modela u BTP 65
4.3 DOHVAT PODATAKA IZ 3DM 66
4.3.1 Podaci koji su izravno dohvatljivih u 3DS 68
4.3.2 Podaci koji nisu izravno dohvatljivi u 3DS 69
4.3.3 Podaci koji se temelje na dodatnim standardnim alatima 3DS 70
4.3.4 Podaci za koje je potrebne dodati posebne značajke u stablo modela u 3DS 73
4.3.5 Podaci koji se mogu dohvatiti korištenjem posebnih metoda u 3DS 77

4.4 BTP ZAPIS 80
4.4.1 BTP zajednički podaci 81
4.4.2 BTP hijerarhijsko strukturirani podaci 82
4.4.3 BTP geometrijski podaci 83
5. OBRADA PODATAKA 84
5.1 OTP ZAJEDNIČKI PODACI 86
5.2 OTP HIJERARHIJSKO STRUKTURNI PODACI 89
5.3 OTP GEOMETRIJA 92
5.3.1 Mjerna slika 94
5.3.2 Mjerni album 106
5.4 OTP UZORCI 110
5.5 OTP SETOVI PODATAKA ZATEHNOLOŠKU KLASIFIKACIJU 113
5.5.1 Set podataka za kodiranje izratka 114
5.5.2 Set podataka za kodiranje izrade 116
6. KODIRANJE IZRATKA 118
6.1 VRSTA PROIZVODA – K1 120
6.2 OBLIK 121
6.2.1 Osnovni – K2 122
6.2.2 Unutarnji – K3 124
6.2.3 Uzdužni – K4 126
6.2.4 Poprečni – K5 128
6.3 PROSTORNOST 130
6.3.1 Veličina – K6 131
6.3.2 Voluminoznost – K7 132
6.3.3 Vitkost – K8 133
6.3.4 Složenost – K9 134
6.4 ZAHTJEVNOST 138
6.4.1 Materijal – K10 139
6.4.2 Toplinska – K11 140
6.4.3 Površinska – K12 141
6.4.4 Preciznost – K13 142
6.5 KOLIČINA – K14 145
7. KODIRANJE IZRADE 147
7.1 PRIMARNI PROCESI - BK1 150
7.2 SEKUNDARNI PROCESI – BK2 153
7.3 POLAZNI MATERIJAL – BK3 154
7.3.1 Osnovna binarna klasifikacija polaznog materijala (BK3) 156
7.3.2 Proširena binarna klasifikacija polaznog materijala (BK3_n) 158
7.4 ULAZNI POSTUPCI – BK4 161
7.4.1 Odrezivanje – BK4_1 162
7.4.2 Bravarija – BK4_2 163
7.4.3 Posebni postupci – BK4_3 164
7.5 OSNOVNI POSTUPCI – BK5 165
7.5.1 Tokarenje – BK5_1 166
7.5.2 Bušenje – BK5_2 167
7.5.3 Glodanje – BK5_3 168
7.6 IZLAZNI POSTUPCI – BK6 170
7.6.1 Fini postupci – BK6_1 171
7.6.2 Dodatni postupci – BK6_2 172
7.6.3 Završni postupci – BK6-3 173

8. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 175
8.1 OSTVARENA RJEŠENJA 176
8.1.1 Potvrđenost hipoteza 177
8.1.2 Dodatni elementi rješenje 178
8.1.3 Primjenljivost rješenja 179
8.2 MOGUĆI DALJNJI RAZVOJ RJEŠENJA 180
8.2.1 Razvoj OTP baze podataka (OTPbp) 181
8.2.2 Razvoj BTP aplikacije (BTP) 182
8.2.3 Razvoj OTP uzoraka za istraživanje 183
8.2.4 Razvoj elemenata OTP sustava 184
8.2.5 Razvoj algoritama za procjenu cijene koštanja 185
8.2.6 Razvoj samoučećeg modula OTP softvera 186
8.2.7 Uključivanje mOTP u koncept Industrija 4.0 187
9. ZAKLJUČAK 188
LITERATURA 189
ŽIVOTOPIS 192
CURRICULUM VITAE 194
PRILOZI 195

SAŽETAK

Rad se bavi istraživanjem mogućnosti automatizirane tehnološke klasifikacije na temelju CAD 3D modela izratka, što je nužan uvjet za automatizirano projektiranje osnovnih tehnoloških procesa, odnosno procjenu troškova izrade.
Postavljena je hipoteza istraživanja: „*Moguća je automatizirana tehnološka klasifikacija izradaka na temelju CAD 3D modela*“.
Pretpostavljeno je da u digitalnom zapisu CAD 3D modela postoje tehnološke značajke izratka koje je moguće izdvojiti u posebnu datoteku, temeljem koje se može definirati tehnološki tip izratka. Na temelju tehnološkog tipa izratka i izdvojenih značajki iz 3D modela, moguće je definirati i tehnološki postupak izrade.

Istraživanje tehnoloških značajki izratka je izvršeno na CAD 3D modelima koji su kreirani u CAD softveru PTC/Creo 4.0.
Tehnološki tip izratka definiran je kao kod sa 14 kodnih mjesta od kojih svako može poprimiti jednoznamenkastu cjelobrojnu vrijednost. Devet kodnih mjesta mogu poprimiti vrijednosti od 1 do 9, a pet kodnih mjesta može poprimiti vrijednosti od 0 do 9.
Tehnološkim kodom izrade definira se 16 osnovnih elemenata tehnološkog procesa. Kodiranje se može izvršiti sa različitom detaljnošću, a ovim istraživanjem definirana je potreba za pojedinim elementima u tehnološkom procesu izrade. Binarno definiranih 16 osnovnih elemenata tehnološkog procesa moguće je opisati sa 6 kodnih mjesta. Svako kodno mjesto binarne klasifikacije može poprimiti cjelobrojnu vrijednost od 0 do 8.

Tijekom istraživanja razvijena je posebna baza podataka i posebna računalna aplikacija za povezivanje novorazvijene baze podataka i CAD softvera PTC/Creo 4.0.
Baza podataka nazvana je OTP baza podataka, a novorazvijena računalna aplikacija BTP aplikacija.
Set tehnoloških značajki 3D modela, koji se automatizirano dohvaća pomoću BTP aplikacije i zapisuje u OTP bazu podataka predstavlja digitalni format zapisa tehnoloških značajki CAD 3D modela. Ovaj set podataka je u potpunosti standardiziran, te ga je moguće iz OTP baze podataka „izvoziti“ kao samostalni skup ulaznih podataka u neki od softvera za obradu podataka. Nazvan je btp zapis.

Ovim istraživanjem napravljeni su algoritmi za obradu podataka u samoj OTP bazi podataka, što je rezultiralo egzaktnim kodiranjem tehnološkog tipa izratka. To znači da nema potrebe za uzorkom na temelju kojeg bi se matematičko statističkim metodama zaključivalo o pojedinim kodnim mjestima koda izratka. Ostvareno je rješenje kojim je moguće CAD 3D model svrstati u određeni tehnološki tip izratka samo na temelju značajki CAD 3D modela, ne ovisno o bilo kojim drugim vanjskim veličinama.
Napravljeni algoritmi u OTP bazi podataka koji se temelje na tehnološkom kodu izratka, uz uključivanje i točno određene podatke iz seta dohvaćenih tehnoloških podataka rezultiraju i egzaktnom binarnom klasifikacijom izrade. Upis podataka i svi algoritmi u bazi podataka provode se potpuno automatizirano. Istraživanjem je postavljena hipoteza u cijelosti potvrđena.

Uzimajući u obzir i ranija istraživanja [1]; [28] može se govoriti o novoj znanstvenoj metodi za projektiranje osnovnih tehnoloških procesa sa ciljem brze procjene cijene koštanja budućeg izratka na temelju njegova 3D modela. Metoda je nazvana OTP metoda, a njen daljnji razvoj ići će u detaljnost kodiranje izrade. Ostvarena binarna klasifikacija može se dalje razraditi uključivanjem više detalja o elementima osnovnog tehnološkog procesa. Razvila bi se dekadska i posebna tehnološka klasifikacija.

EXTENDED SUMMARY

The research into the possibility of estimating product development time based on its drawing (hard copy 2D drawing), completed in 2007, confirmed the possibility of determining development time by regression models, which is described in detail in the author's master's thesis.

The research results, the equations correlating 2D drawing properties to the required development time, enable automated product manufacturing cost calculation. The solution also implies the possibility of automated quantification of the basic parameters of the technological process. This means that a technological process can be designed without the involvement of an engineering technologist.
While easy quantification of 2D drawing features does not require the presence of a technologist for designing a technological process, it still requires some human input (less qualified persons – lower cost of labor), which means this is not fully automated technological process designing.

Since a 2D drawing is nowadays only a graphical representation of the digital product file, research can be based on the properties of that very same digital file.
Since a "digital" drawing is derived from a CAD 3D model of the future product, and given that 3D product modeling is no longer a mere trend, but an everyday practice, there arises a need to carry out research on the basis of CAD 3D product model properties, more so because of at least two basic advantages:

1. CAD 3D model digital file properties can be automatically transferred into a technological process design algorithm (with no need for the presence of an expert in the process).
2. Compared to a 2D drawing, a digital CAD 3D model rendering contains more properties that are potentially significant for defining the technological process.

It should be also noted that the very application for technological process design can be integrated into a CAD 3D model creation software, which erases the line between product creation and technological process design. Product creation and technological process design become a unified whole.

Given that one and the same product can be made in multiple different ways, and that the optimality of a technological process depends on criteria that may vary according to priorities (production cost, delivery deadline, available production resources...), it is possible for a single product to have multiple technological processes. Considering the requirements and design method, technological processes can be categorized into specific groups.
Technological processes that are designed in an automated way (no technologist involved), to be implemented in an average (typical) manufacturing system are categorized into the group of **basic technological processes (BTP)**, with the aim of determining the expected cost.
For the purposes of this paper, the elements of a basic technological process have been defined in detail, as presented in a dedicated chapter.

One of the goals of this research is to determine whether there is a possibility of automated retrieval of the technological properties of a CAD 3D model, based on which an algorithm for technological classification of products could be developed.
This is also a prerequisite for the automation of technological process designing, i.e. the basis for the development of a new scientific method related to rapid cost assessment for a future product based on its CAD 3D model.

The activities and results of this research, which fully validates the presented hypothesis, are described in several chapters of this paper.

Chapter one, as an introduction provides an overview of the current status relating to the research in question. The author's previous studies are described as well, and a research plan is defined along with its accompanying flowchart.
The earlier studies have confirmed the possibility of assessing production time via a system of regression equations for certain technological types of products. A problem which was not solved before this research using the researched method concerns the possibility of automated product classification into predetermined technological groups. In other words, the possibility of technological classification of products needs to be explored.

The second chapter is dedicated to the technological process design method aimed at rapid product cost assessment. This is a potential new scientific method called the OTP method, i.e. basic technological process method (OTPm). Three basic elements of OTPm have been defined, specifically: OTP process, OTP system and OTP database.
The OTP process comprises 6 basic activities, among which those relating to data retrieval from a CAD 3D model (3DM) are especially pertinent to this research, as well as the processing of such data in terms of product and manufacture coding.
The OTP system necessary to enable the implementation of the OTP process comprises 8 core elements. Those are predetermined potential independent and dependent variables and the anticipated method constraints. The independent variables are related to 3DM properties, the dependent ones to the basic parameters of the technological process, and the constraints arise out of the current manufacturing potential or the normal state of manufacturing systems.
A dedicated OTP database (OTPbp) has been, as part of this research, developed for the purposes of OTPm. Along with the hierarchical structure of the tables which can be used to store data related to 3DM properties, the OTPbp includes predetermined data on system elements (knowledge base) and algorithms for process activities implementation (artificial intelligence elements). MS Access database was used as a software solution. It can be stated that, given its limitations, MS Access was barely adequate for the purposes of this research. In future studies, OTPbp should by all means be rebuilt using more powerful software.

The third chapter lays out the research hypothesis: "*Automated technological classification of products based on CAD 3D models is possible.*"
Five criteria on the basis which it can be precisely determined whether the research validates the hypothesis have been defined. The criteria imply the existence of a computer application for 3DM data retrieval.

The fourth chapter mostly pertains to the 3DM data retrieval computer application. The existence or development of such application is also implied by the second criterion concerning the hypothesis. The research resulted in an application linking CAD software with OTPbp. It was named BTP application, or BTP, for short.
The core functions of the newly developed application are two-fold. On the one hand, it serves for entering parameters into a 3DM, while on the other hand it serves for entering 3DM technological properties data into OTPbp.
However, to achieve that, a series of algorithms have been built into BTP with the purpose of retrieving data from the 3DM. BTP analyzes the 3DM as a whole and derives technologically significant data from it, rendering them into a digital file format containing the technological properties of the 3DM. The extracted dataset has been fully defined and it is called ".btp",

suggesting the intent of the author of this paper that in the future it should become one of the standard file formats in CAD applications. Such as, for instance, ".prt", ".stl", or ".pdf"...
Chapter five describes data processing, going further into the details of the functions of the said BTP.
Namely, in the development of BTP it was observed that such an extensive set of technological data could be retrieved that exact technological classification would be possible just on the basis on those data. Therefore, there would be no need for the mathematical and statistical processing of data from a sample that would be formed through the research.
Algorithms can be integrated into BTP that not only enter parameters into a 3DM and retrieve available 3DM properties but also enable quantifying indirectly available 3DM properties.
One option is to add a property into the 3DM tree and further analyze the 3DM by subsequent action from BTP upon parameters and added properties. An example is an additional property called "Hole", which makes it possible to determine the existence of a pass-through hole in the product. Developing this method further in BTP enables the pass-through hole's diameter to be quantified (if it exists), but also for the 3DM circumcircle's diameter to be measured.
Another possibility is to use special tools provided by CAD software, based on which a 3DM can be researched. For this research, a tool was used that enables a beam to be projected onto a 3DM and thus determine the geometrical characteristics of the 3DM on the basis of its intersection with the 3DM planes. While the method is very simple and yields only the intersection coordinates information, the author of this research has devised several tools that can make the 3DM beam projection method a significant 3DM geometry data source.
In the conducted research, only the compound tool called "Radial Beam Set" was used and it is described in detail in this chapter. However, the method itself and the BTP geometry analysis tools are described in more detail in the annexes to this paper, which points to numerous unexplored possibilities of use in technological classification. To name just a few examples of the tools: "Sieve", "Ring", "Disc" and "Comb". The measurement method can also be a combination of results obtained by using different tools.
Alongside being processed in BTP, the data are processed in OTPbp after entry using the developed algorithms, which are integrated in the database itself. By analyzing the required data from the .btp set, a system of queries extracts the data that are directly required for defining dependent variables. Those dependent variables describe the technological type of product, i.e. the type of technological process. Two sets of data for the technological classification of a product are formed.
The product coding dataset comprises 44 different data.
The manufacture coding dataset comprises 39 data.

Chapter six addresses product coding. In accordance with the product coding system as defined in chapter one, this chapter details the algorithms built into OTPbp. All of the algorithms for determining the value of each coding position of the OTP product code (OTPk).
It is a coding system with 14 coding positions, 12 of which are categorized into 3 groups of 4 technological properties. The groups refer to product properties: "Shape", "Volume", "Complexity". The remaining two coding positions are "Product type" as the first digit and "Quantity" as the last digit of the OTPk code.
Each coding place can be assigned a single-digit value. With respect to the code digit value, the same rule applies to each OTPk coding position: *"The more technologically acceptable the property is, the lower the code number"*. It is understood that the more technologically acceptable property is the one which leads to a lower cost of manufacturing. Code value zero (0) means that the property does not even exits, so there is no expenditure arising from it.
The technological features related to the specifics of the 3DM shape and heat treatment and surface protection requirements may or may not be represented in the 3DM, and they can be

quantified by numbers from 0 to 9. The remaining 9 coding positions may be assigned values from 1 to 9.

Chapter seven describes the procedure of manufacture coding, as the final activity in technological classification. With respect to the level of detail in elaborating the elements of the basic technological process, three instances of manufacture coding are possible.

1. Binary, which merely determines the need for an element in the technological process.
2. Decimal, where coding positions may be assigned two-digit values, which enables defining specific technological procedures as operations in the technological process.
3. A special, third instance is coding that would be carried out for a specific company, which would enable to specify the necessary technological procedures and the machine on which the technological operation would be carried out.

One of the goals of this research is binary manufacture classification. Therefore, the paper describes the algorithms for quantifying all 16 elements of the basic technological process.
All 16 binary-classified data can be represented by the 6 coding positions of OTPbk:

- *BK1-Primary process:* *Pre-shaping – Reshaping – Assembling*
- *BK2-Secondary processes:* *Material removal – Heat – Surface*
- *BK3-Starting material:* *Semi-finished products – Measurements – Mass*
- *BK4-Input procedures:* *Cutting – Metalworking – Special procedures*
- *BK5-Basic procedures:* *Turning – Drilling – Milling*
- *BK6-Output procedures:* *Grinding – Additional procedures – Finishing procedures*

The data related to the secondary processes of heat treating and surface protection are additionally elaborated in such a way that not only the necessity of processing but also the exact technological action in the required processing is specified already in the binary classification.
For the third coding position of OTPbk, concerning the starting material, the possibility of a more detailed elaboration is presented. This includes a description of the method by which the measurements and the required material mass for a measuring unit (typically kg/piece) of the product can be quantified on the basis of the specified shape of the starting material.
In this manner, partial decimal manufacture classification is already achieved in the binary code.

Chapter eight is an overview of the results achieved by the research. Since the paper is a dissertation, the emphasis is on validating the presented hypothesis, specifically with respect to the defined hypothesis validation criteria. Based on the criteria analysis, it is shown that the research has achieved a result that is even better than anticipated. Moreover, the results of this research and those of the author's previous studies, as a consequence of the new approach to the subject of research, could be the foundation for creating a new scientific method for engineering basic technological processes aimed at rapid 3DM-based product cost assessment. This is a consequence of additional elements to the solution that this research has led to, and at the same time a significant innovation compared to the present status. Those are the newly developed BTP, .btp, OTPbp and partial solutions within the CAD software itself.
The said elements have already been developed through this research to a degree where they can be applied in practice. Not only does this paper demonstrate the possibility of automated 3DM-based technological classification, but a concrete, functional algorithm to confirm it has been created as part of the research.
The research has fully validated the set hypothesis, which is a prerequisite for the realization of a commercial software. Therefore, further development of OTPm is to be expected.
Given that it would cover a wide area, further development is possible through a series of multidisciplinary studies that could be realized through scientific, developmental, professional or even business projects. The research described in this paper is by all means the foundation

for any future studies. Irrespective of which software would be used for developing a new database, its structure will be based upon the OTPbp structure described in this paper.
BTP development, in addition to what is described in chapters 4 and 5 of the dissertation, will certainly be based on even more detailed descriptions provided in annexes [C]; [D]; [E].

Chapter nine, the conclusion of the research is provided only on a single page of the dissertation, which is why it is fully translated in this extended abstract into English, as described in the thesis:

"The research validates the hypothesis regarding the possibility of automated technological classification of products on the basis of a CAD 3D product model."
The hypothesis *"CAD 3D model digital file also contains the data on the technological process of manufacturing"* has been validated given the fulfillment of all 5 of the criteria that were set for it.

With slight limitations related to the modeling method in the PTC/Creo 4.0 software, the possibility of automated "retrieval" of numerous technological properties of CAD 3D models has been achieved. Properties that initially were not planned for, or it was not to be expected that they could be retrieved, have been extracted, which confirms that the research results are even better than expected.

Extraction of properties from a 3D model into the database is enabled by using a BTP application, self-developed over the course of the research, which links the PTC/Creo 4.0 software to the OTP database, which was also self-developed over the course of this research.
The result of the functioning of the BTP application is a digital file containing the technological properties of the CAD 3D product model.
The set of technologically significant data is fully defined and recorded in the OTP database in the corresponding tables so that each registered information can be reached in order to be used for technological classification.

The processing of the retrieved data in the OTP database creates the possibility to define the type of product and achieve precise coding of all 14 code digits. This means that there is no need for sampling and using statistical methods to quantify coding positions. This surely indicates that even in this segment a better result than expected has been achieved.

For every 3DM, the manufacturing type, i.e. the technological process, can be defined on a binary level. This means that for every type of processing as a primary process, or every technological operation as an operational procedure, it is specified whether it is required in the technological process or not. This achievement is also a direct validation of the realization of automated technological classification. This result too has been realized through an exact method, only on the basis of the product code and the digital record of the technological properties of the CAD 3D model, which also points to a solution better than expected.

Along with the validation of the hypothesis, the research has yielded a series of additional solution, most notably the BTP application, which has grown from the initial idea to link the CAD 3D model with the OTP database into an application with numerous functions. Most notable are the functions enabling the BTP to act upon CAD 3D model properties in order to retrieve more detailed geometrical data.

While it is possible to develop additional classification systems, in terms of the solution's further development, numerous scientific, developmental and professional projects can be carried out; they would be implemented with the aim to build a commercial OTP software as an independent computer application.

Overall, it can be claimed that the research has fully justified its purpose and can be used as basis for the development of a new scientific method for rapid manufacturing cost assessment – the OTP method."

Therefore, the paper researches the possibility of automated technological classification on the basis of a CAD 3D product model, which is an essential requirement for automated design of basic technological processes or manufacturing cost assessment.
It is assumed that a CAD 3D model digital file contains the technological properties of a product that can be extracted into a separate file on the basis of which the technological type of product can be defined. On the basis of the technological type of product and the properties extracted from the 3D model, the technological procedure of manufacturing can be defined as well.

The research on the technological properties of products was carried out on CAD 3D models created in PTC/Creo 4.0 CAD software.
The technological type of product is defined as a code with 14 coding positions, where each position can be assigned a single-digit, whole-number value. Nine of the coding positions can be assigned the values from 1 to 9, and five coding positions can be assigned the values from 0 to 9.
The technological code for manufacturing defines 16 basic elements of the technological process. Coding can be done at varying levels of details, and in this research the necessity for individual elements in the technological process of manufacturing was defined. The 16 basic elements of the technological process defined in a binary way can be described with 6 coding positions. Each coding position of the binary classification can be assigned a whole-number value from 0 to 8.

During the research, a special database was developed as well as a dedicated computer application for linking the newly developed database to the PTC/Creo 4.0 software.
The database was called the OTP database, and the new computer application was called the BTP application.
The 3D model's technological properties set, which is auto-retrieved by the BTP application and registered in the OTP database represents the digital file format for CAD 3D model technological properties. This dataset is fully standardized and can be exported from the OTP database as a self-contained set of input data into a data processing software. It is called the btp file.

As part of this research, algorithms for data processing in the OTP database itself were created, which has resulted in the exact coding of the technological type of product. This means that there is no need for a sample based on which individual coding positions of the product code would be extrapolated using mathematical and statistical methods. A solution was created by which a CAD 3D model can be classified as a certain technological type of product only on the basis of the CAD 3D model properties, irrespective of any other external quantities.
The algorithms created in the OTP database that are based on the product technological code, with the inclusion of specific data from the retrieved technological dataset, also result in a

precise binary classification for manufacturing. Data entry and all database algorithms are carried out in a fully automated way.

The research has fully validated the set hypothesis.

Taking into account the previous studies [1]; [28], it can be stated that a new scientific method has been devised for designing basic technological processes with the aim of rapid, 3DM-based product cost assessment.
The method is called the OTP method, and its further development will pursue the level of detail in coding the manufacturing process. The achieved binary classification can be further elaborated by including more details about the elements of the basic technological process. Decimal and special technological classifications would be developed.

KLJUČNE RIJEČI

Redni broj	***Hrvatski***	***Engleski***
1	Projektiranje tehnoloških procesa	Process Planning
2	CAD 3D model	CAD 3D model
3	Dohvat značajki CAD 3D modela	Export features from CAD 3D models
4	Tehnološka klasifikacija	Technological classification
5	Kodiranje izradaka	Encoding of parts
6	Kodiranje izrade	Production coding
7	Procjena cijene koštanja	Cost estimate
8	Osnovni tehnološki proces (OTP)	Basic Technological Process (OTP)
9	Aplikacija za dohvat značajki (BTP)	Feature Retrieval Application (BTP)
10	Zapis tehnoloških značajki (.btp)	Record of Technological Features (.btp)
11	OTP baza podataka (OTPbp)	OTP Database (OTPbp)
12	OTP metoda (mOTP)	OTP method (mOTP)

POPIS KRATICA

Redni broj	Kratica	Puni tekst	Izvor
1	***3DM***	CAD 3D model (izratka)	K-01-002
2	***OTP***	osnovni tehnološki proces (općenito – akronim)	K-02-003
3	***.btp***	format zapisa tehnoloških značajki 3DM (digitalni)	K-03-003
4	***mOTP***	metoda osnovnog tehnološkog procesa (OTP metoda)	K-04-004
5	***OTPbp***	OTP baza podataka	K-05-006
6	***3DS***	CAD softver (npr. PTC/Creo; Catia, NX,…)	K-06-008
7	***OTPk***	OTP kod izratka	K-07-009
8	***OTPbk***	OTP binarni kod izrade	K-08-011
9	***OOČ***	Obrada odvajanjem čestica	K-09-026
10	***Access***	MS Access 2016 (baza podataka iz paketa MS Office 2016)	K-10-049
11	***BTP***	BTP aplikacija (novorazvijeni softver za dohvat podataka iz 3DM)	K-11-055

Za sve kratice korištene u tekstu ovog rada vrijedi da se odnose na bilo koji oblik (padež), sukladno kontekstu u rečenici. U tekstu se neće koristi dodatni nastavci odvojeni crticom, kao što je uobičajeno. Npr. kratica 3DM vrijedi i za sintakse CAD 3D model, i za CAD 3D modela, i za CAD 3D modelu,…, pa nije potrebno pisati 3DM-a ili 3DM-u…)
Prvo spominjanje kratice označeno je na dnu stranice kao fusnota

POPIS OZNAKA

Redni broj	VELIČINA		
	Oznaka	Naziv	Mjerna jedinica
1	*K1*	Kod izratka, kodno mjesto 1: VRSTA PROIZVODA	1; 2;…; 9
2	*K2*	Kod izratka, kodno mjesto 2: OSNOVNI OBLIK	1; 2;…; 9
3	*K3*	Kod izratka, kodno mjesto 3: UNUTARNJI OBLIK	0; 1; 2;…; 9
4	*K4*	Kod izratka, kodno mjesto 4: UZDUŽNI OBLIK	0; 1; 2;…; 9
5	*K5*	Kod izratka, kodno mjesto 5: POPREČNI OBLIK	0; 1; 2;…; 9
6	*K6*	Kod izratka, kodno mjesto 6: VELIČINA	1; 2;…; 9
7	*K7*	Kod izratka, kodno mjesto 7: VOLUMINOZNOST	1; 2;…; 9
8	*K8*	Kod izratka, kodno mjesto 8: VITKOST	1; 2;…; 9
9	*K9*	Kod izratka, kodno mjesto 9: SLOŽENOST	1; 2;…; 9
10	*K10*	Kod izratka, kodno mjesto 10: MATERIJAL	1; 2;…; 9
11	*K11*	Kod izratka, kodno mjesto 11: TOPLINSKA	1; 2;…; 9
12	*K12*	Kod izratka, kodno mjesto 12: POVRŠINSKA	1; 2;…; 9
13	*K13*	Kod izratka, kodno mjesto 13: PRECIZNOST	1; 2;…; 9
14	*K14*	Kod izratka, kodno mjesto 14: KOLIČINA	1; 2;…; 9
15	*BK1*	Binarni kod PRIMARNOG procesa	0; 1;…; 8
16	*BK2*	Binarni kod SEKUNDARNOG procesa	0; 1;…; 8
17	*BK3*	Binarni kod OBLIKA POLUPROIZVODA (polaznog materijala)	1; 2; …; 9
18	*BK4*	Binarni kod ULAZNIH obrada	0; 1;…; 8
19	*BK5*	Binarni kod OSNOVNIH obrada	0; 1;…; 8
20	*BK6*	Binarni kod ZAVRŠNH obrada	0; 1;…; 8
21	*BK1-1*	Binarni kod PRAOBLIKOVANJA	0 ili 1
22	*BK1-2*	Binarni kod PREOBLIKOVANJA	0 ili 1
23	*BK1-3*	Binarni kod SPAJANJA	0 ili 1
24	*BK2-1*	Binarni kod obrade ODVAJANJEM ČESTICA	0 ili 1
25	*BK2-2*	Binarni kod TOPLINSKE obrade	0; 1; 2;…; 9
26	*BK2-3*	Binarni kod POVRŠINSKE zaštite	0; 1; 2;…; 9
27	*BK3-1*	PRVA karakteristična izmjera poluproizvoda	mm
28	*BK3-2*	DRUGA karakteristična izmjera poluproizvoda	mm
29	*BK3-3*	TREĆA karakteristična izmjera poluproizvoda	mm
30	*BK3-4*	PRVA varijabilna izmjera poluproizvoda	mm
31	*BK3-5*	DRUGA varijabilna izmjera poluproizvoda	mm
32	*BK3-6*	Masa polaznog materijala (bruto)	kg
33	*BK4-1*	Binarni kod postupka rada: ODREZIVANJE	0 ili 1
34	*BK4-2*	Binarni kod postupka rada: BRAVARIJA	0 ili 1
35	*BK4-3*	Binarni kod postupka rada: POSEBNE OBRADE (npr. dubljenje)	0 ili 1
36	*BK5-1*	Binarni kod postupka rada: TOKARENJE	0 ili 1
37	*BK5-2*	Binarni kod postupka rada: BUŠENJE	0 ili 1
38	*BK5-3*	Binarni kod postupka rada: GLODANJE	0 ili 1
39	*BK6-1*	Binarni kod postupka rada: FINE OBRADE (npr. brušenje)	0 ili 1
40	*BK6-2*	Binarni kod postupka rada: DODATNE OBRADE (npr. honanje)	0 ili 1
41	*BK6-3*	Binarni kod postupka rada: ZAVRŠNE OBRADE	0 ili 1

POPIS SLIKA

Redni broj	*Naziv slike*	*Stranica u tekstu*
1	*Dijagram toka istraživanja*	004
2	*OTP proces*	007
3	*PTC/CREO 3.0 – moduli za kreiranje novog objekta*	008
4	*OTP sustav*	017
5	*OTP usluge – tablice u OTPbp*	022
6	*Radno mjesto*	025
7	*Struktura vremena*	028
8	*Elementi vremena*	028
9	*OTP list*	046
10	*Procedure događaja u MS Accessu*	049
11	*Tablice u OTPbp*	050
12	*Upiti u OTPbp*	051
13	*Obrasci u OTPbp*	052
14	*Visual Basic kod u OTPbp*	053
15	*PTC/CREO 3.0 –predložak za 3D modeliranje*	058
16	*Položaj skice osnovnog tijela 3DM (za alat koji izvlači oblik „EXTRUDE“)*	059
17	*Položaj skice osnovnog tijela 3DM (za alat koji rotira oblik oko osi „REVOLVE“)*	059
18	*Set parametara 3DM za mOTP – izgled ekrana u OTPbp*	062
19	*Set parametara 3DM za mOTP – izgled ekrana u BTP*	063
20	*Izgled ekrana BTP – prošireni ekran sa prikazom dohvata podataka iz 3DM*	066
21	*3DS – izravno dohvativi podaci (značajke iz stabla modela)*	068
22	*Temelji algoritma BTP za neizravan način dohvata podataka o gabaritima 3DM*	069
23	*PTC/Creo – standardni alati za analizu i dodavanje značajki u model*	070
24	*Izvještaj o osnovnim svojstvima 3DM na temelju alata 3DS Mass Properties*	072
25	*Dodatna značajka „RUPA“*	074
26	*Radijalni set zraka*	078
27	*Mjerenje radijalnim setom zraka – mjerna slika*	079
28	*BTP skupina u alatnoj traci u PTC/Creo 4.0 (istraživačeva inačica)*	080
29	*Ekranski obrazac za prikaz zajedničkih podataka 3DM*	081
30	*Prikaz tablica u OTPbp za zapis hijerarhijsko strukturiranih podataka 3DM*	082

Redni broj	Naziv slike	Stranica u tekstu
31	Ekranski obrazac za prikaz geometrijskih podataka 3DM	083
32	Pravila mOTP vezano na imenovanje objekata u 3DS i istovrsnih objekata u OTPbp	086
33	Utjecaj modeliranja na podatke koje vraća funkcija GeomOutline	087
34	Definiranje ploha u 3DS	090
35	OTP oblici presjeka	101
36	Osovina sa dva rukavca	106
37	Mjerna slika: Xi=50	108
38	Prikaz izgleda upita za izdvajanje kodnih mjesta OTP koda izratka	119
39	OTP sustav kodiranja: K2 – osnovni oblik izratka	122
40	f129btpGeometrija: T1C – oblik maksimalnog presjeka	122
41	Dijagram toka kodiranja kodnog mjesta K3 OTP koda izratka	125
42	Prikaz različitih presjeka uzduž 3DM	126
43	Čeoni urez na rotacijskim 3DM	128
44	Izraz za određivanje vrijednosti kodnog mjesta K14	145
45	Kvantificirani OTP kod izratka (OTPk)	146
46	Rezultati izračuna graničnih količina za izbor primarnog procesa	152
47	Dijagram toka izbora polaznog materijala u mOTP	155
48	Mogućnosti tehnoloških postupaka obzirom na hrapavost površina	171
49	Kvantificirani OTP kod izrade (OTPbk)	174
50	Obrazac za prikaz zajedničkih rezultata tehnološke klasifikacije	175

Slike u ovom radu uvijek su uokvirene plavom bojom, a ispod svake slike je njen broj, naziv i oznaka izvora slike.
Lijevo – broj slike (sastoji se od teksta „Slika" i rednog broja slike u ovom radu)
Sredina – naziv slike (tekst koji najbolje opisuje sliku)
Desno – izvor slike (broj u uglatim zagradama, koji predstavlja redni broj u popisu literature.)
Oznaka [0] označava da prikazana slika nije preuzeta iz postojeće literature drugih autora, nego da je nastala tijekom ovog istraživanja. Autor ovog rada ujedno je i autor ove slike, koja se u ovom radu prvi puta javno objavljuje.
Ovaj rad se označava kao nulta literatura (nulti izvor – original).
Oznaka [ ] prazno – bez rednog broja u popisu literature, znači da izvor nije navedenu popisu literature, ali je naveden u fusnoti na istoj stranici na kojoj se slika nalazi. U tom slučaju se iznad oznake vidi i redni broj fusnote [][1]

POPIS TABLICA

Redni broj	Naziv tablice	Stranica u tekstu
1	Planirane skupine i podskupine značajki CAD 3D modela	020
2	OTP usluge – dostupne vrste obrade i njihovi dostupni tehnološki procesi	022
3	Radni postupci	026
4	OTP kod izratka: K1 - vrste izradaka	031
5	OTP kod izratka: K2 - osnovni oblik	032
6	OTP kod izratka: K3 - unutarnji oblik	032
7	OTP kod izratka: K4 - uzdužni oblik	033
8	OTP kod izratka: K5 - poprečni oblik	033
9	OTP kod izratka: K6 - veličina	034
10	OTP kod izratka: K7 - voluminoznost	034
11	OTP kod izratka: K8 - vitkost	035
12	OTP kod izratka: K9 - složenost	035
13	OTP kod izratka: K10 - materijal	036
14	OTP kod izratka: K11 - toplinska obrada	036
15	OTP kod izratka: K12- površinska zaštita	037
16	OTP kod izratka: K13 - preciznost	037
17	OTP kod izratka: K14 - količina	038
18	OTP binarni kod izrade: BK1 – primarni procesi	042
19	OTP binarni kod izrade: BK2 – sekundarni procesi	042
20	OTP binarni kod izrade: BK3 – polazni materijal	043
21	OTP binarni kod izrade: BK4 – ulazni postupci	043
22	OTP binarni kod izrade: BK5 – osnovni postupci	044
23	OTP binarni kod izrade: BK6 – izlazni postupci	044
24	MS Excel – algoritam za provjeru iterativnog postupka posebne značajke „RUPA“	076
25	Međusobni odnosi radijalnog seta zraka	078
26	Podatkovna tablica upita za prebrojavanje nepotpunih ploha 3DM	091
27	t129btpGeometrija – podaci o geometriji i obliku 3DM	092
28	MS Excel – dio tablice sjecišta radijalnog seta zraka	096
29	MS Excel – dio tablice rezultata projiciranog seta zraka: izmjereni i izvedeni podaci	100
30	OTP oblici presjeka: KVADRAT	103

Redni broj	Naziv tablice	Stranica u tekstu
31	Podaci o mjernim slikama u mjernom albumu	108
32	Set podataka za OTP kodiranje izratka	115
33	Set podataka za OTP kodiranje izrade	117
34	EKO – dodatni uvjet za kodiranje složenosti izratka	136
35	Značajke standardnih poluproizvoda obzirom na složenost 3DM	137
36	Usporedbene vrijednosti značajki vezanih uz preciznost	143
37	BK1: primarni procesi- kombinacije elemenata	150
38	Matrica graničnih količina primarnog procesa	151
39	BK2: sekundarni procesi - kombinacije elemenata	153
40	Oblici presjeka i potrebne karakteristične izmjere	158
41	BK4: ulazni postupci - kombinacije elemenata	161
42	Ograničenja vezana uz odrezivanje na tokarskom stroju	162
43	BK5: osnovni postupci - kombinacije elemenata	165
44	BK6: izlazni postupci - kombinacije elemenata	170

Tablice u ovom radu uvijek su uokvirene narančastom bojom, a iznad svake tablice naveden je njen broj, naziv i izvor.
Struktura tablice slična je kao i za slike, s time da se u lijevom kutu iza broja tablice može dodati i broj listova, ukoliko se tablica proteže na više od jedne stranice.
Obzirom na različite izglede tablica, moguće je da se uz naslov tablice pojavi i naslovni redak u samoj izvornoj tablici.

1. UVOD

Tijekom dugogodišnjeg iskustva u djelatnosti strojarske proizvodnje, u dijelu industrijskog inženjerstva, kontinuirano se uočava potreba za automatizacijom određivanja osnovnih tehnoloških parametara izrade, prvenstveno na aktivnostima vezanim uz izradu ponuda u procesu prodaje.
U tom smislu provedeno je istraživanje koje je rezultiralo novom metodom za brzu procjenu vremena izrade, koja je opisana u magistarskim radu autora. [1]
Razvijeni matematički modeli za procjenu vremena izrade, razlikuju se obzirom na zajedničke karakteristike skupine izradaka. Da bi se omogućila potpuna automatizacija procjene vremena izrade, posljedično i cijene koštanja, potrebno je „prepoznati" kojoj skupini pripada izradak za koji se procjenjuje vrijeme izrade.

Dakle, za potpunu automatizaciju procjene troškova izrade potrebno je osmisliti metodu kojom će računalna aplikacija na temelju digitalnog zapisa CAD 3D modela izratka moći klasificirati izratke u unaprijed definirane tipove tehnoloških procesa. Zajedničko svojstvo tipova tehnoloških procesa je da imaju točno definiran broj i redoslijed tehnoloških postupaka.
Inteligentni sustav za klasifikacije, povezan sa nekom od metoda za kvantificiranje potrebnog vremena izrade omogućio bi automatizaciju cjelovitog procesa kvantificiranja parametara potrebnih za izradu ponude, prvenstveno proizvodnih troškova i rokova isporuke.
Motiv izrade disertacije je osmisliti postupnik (algoritam), kao kombinaciju različitih metoda temeljem koje će računalna aplikacija moći izvršiti tehnološku klasifikaciju, samostalno, bez potrebe za radom čovjeka (tehnologa).

Dosadašnjim razvojem inženjerske grafike, poglavito u segmentu CAD 3D modeliranja, digitalni zapisi izratka s mnoštvom značajki pogodni su za različite analize podataka, pa tako i tehnološke.[2] Učinjeni su značajni napori na klasifikaciji i sistematizaciji značajki 3D CAD modela kako bi se olakšao posao projektanata [3]. Isto tako, vidljivi su napori u istraživanju u razvoju algoritama za direktno preuzimanje CAD značajki u svrhu obrade u CAM aplikacijama [4]. Već niz godina uočljiv je pomak da se povežu značajke iz CAD modela sa parametrima CAM modela u računalno podržano projektiranje tehnoloških procesa CAPP [5].
Automatizacija projektiranja tehnoloških procesa je dio koncepata CAPP, PLM i Industrija 4.0 te predstavlja htijenje kako bi se moglo brzo odgovoriti na zahtjeve tržišta - prilagodba kupcu, zahtijevano skraćenje rokova isporuke i rezanje troškova projektiranja i izrade (CAPP), zahtjeve upravljanja promjenama u području razvoja, projektiranja i izrade proizvoda (PLM) te većeg stupnja fleksibilnosti u području upravljanja proizvodnjom autonomnom komunikacijom proizvoda, mogućih mjesta obrade (strojeva) i robota (Industrija 4.0). Svrha Industrija 4.0 je skraćenje rokova isporuke, prilagodba većem stupnju fleksibilnosti načina proizvodnje radi povećanja konkurentnosti tvrtki. [6]

Posebno se razvija područje vezano uz procjenu troškova izrade, odnosno cijene koštanja. Uz uobičajene kalkulativne metode u algoritam za procjenu cijene koštanja se ugrađuju i procedure za povezivanje sa CAD 3D modelom u cilju preuzimanja tehnoloških značajki 3D modela. Preuzete značajke postaju dio ulaznih podataka u kalkulativnom postupku. Razvoj ovog područja rezultirao je već sa nekoliko komercijalnih softvera koji u velikoj mjeri, ali ipak ne potpuno, automatizirano proračunavaju trošak izrade budućeg izratka na temelju CAD 3D modela.[7-8]

Iako je postignut veliki napredak, prvenstveno u primjeni značajki 3D modela kao ulaznih podataka za pojedine tehnološke operacije (CAM - Computer Aided Manufacturing), za

upravljanje životnim ciklusom proizvoda (PLM - Product Lifecycle Management) još uvijek je potreban ljudski rad odnosno interakcija računala i čovjeka. [9-11]
Stoga, automatizacija projektiranja tehnoloških procesa u svrhu prilagodbe globalnoj konkurenciji, većoj produktivnosti, višoj kvaliteti proizvoda, većoj varijantnosti prilagođene proizvodnje, skraćenju rokova i rezanju troškova ide u smjeru strukturirane baze znanja sa smanjenim utjecajem individualnog znanja projektanta. [12]

Primjenom varijantnog CAPP-a i grupnih tehnologija rješava se problem klasifikacije izradaka kodiranjem. Bez obzira na raznolikost načina grupiranja dijelova, ključna aktivnost je kodiranje izratka, pri čemu se sam kod, po strukturi i obujmu, značajno razlikuje od sustava do sustava (npr. OPITZ= 9(5+4); MICLASS=12(18); DCLASS =8; FORCODE=11. [13]
Strukturiranje značajki CAD 3D modela u relacijske baze podataka, uz primjenu Booleove algebre i računalnih metoda, rezultiraju mogućnošću tehnološke klasifikacije ne vezano uz fiksni kod, već je moguća i dinamička klasifikacija izradaka. [14]
U osnovi se razvijanje rješenja svodi na algoritam od 5 osnovnih koraka: 1) prikupljanje podataka, 2) klasifikacija podataka, 3) analiza podataka, 4) kodiranje podataka, i 5) tehnološki kod izratka. [15]

Digitalni zapis CAD 3D modela izratka omogućio je automatizaciju prikupljanja podataka o značajkama modela, te se razvijaju različiti algoritmi za izdvajanje tehnoloških značajki iz 3D modela. Razvijeni algoritmi razlikuju se obzirom na format digitalnog zapisa CAD 3D modela (STEP, PRT…), obzirom na modul CAD softvera koji je korišten prilikom dizajniranja (SOLID ili SHEETMETAL) ali i obzirom na glavna svojstva ciljane skupine dijelova.[16-21]

Automatizacija prikupljanja podataka otvorila je mogućnosti korištenja različitih metoda za klasifikaciju, analizu i kodiranje podataka, što u konačnici može rezultirati različitim modelima tehnološke klasifikacije, odnosno različitim tehnološkim kodiranjem izratka. Ovisno o dostupnim značajkama 3D modela i ciljevima istraživanja razvijaju se različite metode tehnološke klasifikacije. [22-27]

Razvojem klasifikacijskih metoda istražuje se sve veći broj potencijalno tehnološki utjecajnih značajki CAD 3D modela, što istovremeno postavlja i dodatne zahtjeve na daljnji razvoja algoritama za izdvajanje značajki CAD 3D modela. Potrebno je stoga objediniti razvoj oba algoritma (algoritam za izdvajanje značajki iz CAD 3D modela, i algoritma za tipiziranje izradaka) kao međusobno povezanih cjelina istog dinamičkog sustava. Provedeno istraživanje usmjereno je upravo na cjelovitost rješenja, što je i rezultiralo potpuno automatiziranom tehnološkom klasifikacijom izradaka na temelju CAD 3D modela.[1]

Provedeno istraživanje, kao nastavak ranijeg istraživanja čiji rezultati su cjelovito objavljeni u magistarskom radu doktoranda [1], planirano je kroz tri osnovne etape:

- UVODNO ISTRAŽIVANJE
  - DEFINIRANJE UOBIČAJENO KORIŠTENIH ELEMENATA KOJI KAO CJELINA ČINE TEHNOLOŠKI POTENCIJAL SUSTAVA, ODNOSNU OSNOVNI PROIZVODNI SUSTAV
    - *Vrste obrade, tehnološki postupci, dostupni materijali (standardni poluproizvodi – repromaterijal),…*
    - *Podaci se utvrđuju kao izbor uobičajenog stanja tehnike, sukladno postojećim standardima, katalozima i najnovijim istraživanjima.*
    - *Ovi podaci smatraju se nepromjenljivim podacima u relacijskoj bazi podataka*

[1] U daljnjem tekstu: CAD 3D model = 3DM

- UTVRĐIVANJE ZAJEDNIČKIH ZNAČAJKI IZRATKA KOJE KONSTRUKTOR UNOSI KAO PARAMETRE U 3DM
  - *Propisuju se obavezni zajednički podaci o izratku, kao npr. kvaliteta materijala ili tolerancija slobodnih mjera.*
  - *Uglavnom se radi o podacima koji uobičajeno nisu vezani uz 3DM, a na 2D crtežu se prikazuju u sastavnici, ili kao posebne tekstualne napomene*
  - *Ovi podaci dio su datoteke značajki 3DM, kvalitativno su nepromjenljivi, a kvantitativno se mijenjaju zavisno o izratku.*
- UVEDEN JE I POJAM „OSNOVNI TEHNOLOŠKI PROCES“ (OTP)
  - *Osnovni tehnološki proces, kao jedan od mogućih načina izrade proizvoda, upravo je onaj način izrade koji je moguće postići korištenjem ranije definiranog osnovnog proizvodnog sustava.*
  - *Akronim „OTP“* [2] *kao prefiks ili sufiks označava da se određeni objekt odnosi upravo na automatizirano projektiranje tehnoloških procesa.*
  - *OTP sustav; OTP proces; OTP tehnološki proces; OTP usluga; ...*

Cilj ove faze istraživanja je strukturiranje relacijske baze podataka, a rezultat je baza ograničenja (OTP baza podataka).

PRELIMINARNO ISTRAŽIVANJE

- SPECIFICIRANJE PRETPOSTAVLJENIH ZNAČAJKE 3DM KOJE BITNO UTJEČU NA TEHNOLOŠKI PROCES.
  - *Popis značajki koje tehnolog koristi prilikom projektiranja tehnološkog procesa*
  - *Intencija je obuhvat što većeg broja potencijalno tehnološki važnih podataka*
  - *Pri tome se ne vodi računa o međusobnoj povezanosti pretpostavljenih značajki na način da bi se evidentno zavisna značajka o već ranije specificiranoj izostavila iz popisa (npr. iako su tolerancije mjera i hrapavost površine međuzavisne i mogu se iskazati ekvivalentnom vrijednošću, na popisu ostaju obje ove značajke)*
- PROVJERA MOGUĆNOSTI AUTOMATIZIRANOG IZDVAJANJA PRETPOSTAVLJENIH ZNAČAJKI U POSEBNU DATOTEKU.
  - *Na temelju „dohvatljivosti“ utvrđuje se konačan popis značajki 3DM*
  - *Provjera mogućnosti unosa i obrade podataka zapisa sa izdvojenom značajkama 3DM u drugim aplikacijama (mogućnost korištenja .btp* [3] *zapisa)*

Cilj ove faze istraživanja je algoritam za izdvajanje značajki 3DM, koji bi rezultirao jedinstvenim setom tehnološki značajnih podataka 3DM, a rezultat je novi format digitalnog zapisa iz 3DM, nazvan „format zapisa tehnoloških značajki 3DM“ (.btp).

ZAVRŠNO ISTRAŽIVANJE

- DEFINIRANJE UZORKA ZA ISTRAŽIVANJE
  - *Podrazumijeva unos podataka o 3DM i tehnološkom procesu u relacijsku bazu podataka (OTP bazu podataka).*
  - *U uzorku su, za svaki izradak, nezavisne varijable značajke njegova 3DM, a zavisne varijable osnovni parametri njegovog planiranog tehnološkog procesa.*
  - *Značajke 3DM u bazu se upisuju automatski, korištenjem razvijenog algoritma za izdvajanje značajki iz 3DM, a parametri njegova tehnološkog procesa upisuju se u bazu ručno.*
- OBRADA UZORKA ZA ISTRAŽIVANJE
  - *Statističkim metodama, prvenstveno utvrđivanje korelacije među nezavisnim varijablama.*

[2] U daljnjem tekstu: svi objekti vezani uz automatizirano projektiranje osnovnih tehnoloških procesa = OTP

[3] U daljnjem tekstu: format zapisa tehnoloških značajki 3DM (CAD 3D modela) = .btp

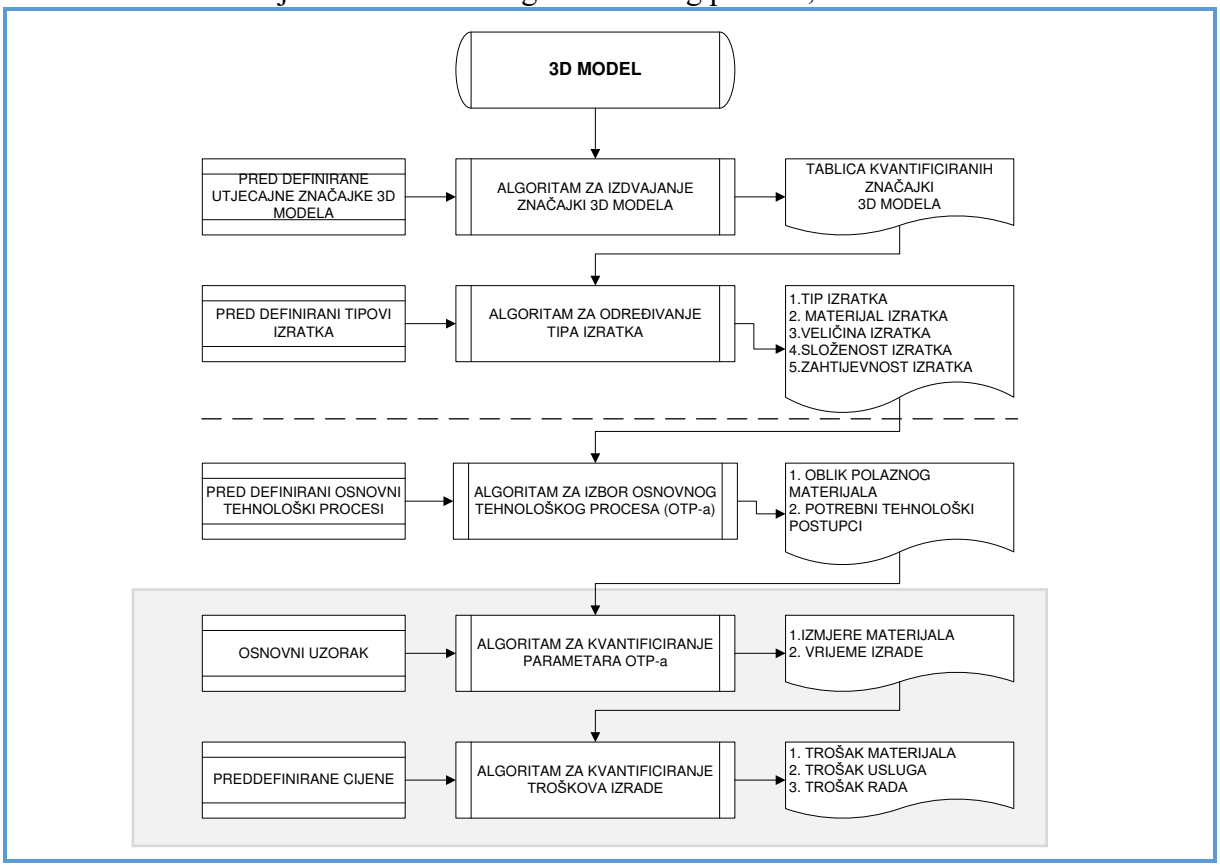
- *Potrebno je iz skupa svih dostupnih značajki 3DM utvrditi signifikantne obzirom na osnovne elemente tehnološkog procesa.*
- *Smanjenje broja nezavisnih varijabli u uzorku povećava robusnost modela koji će se temeljiti na takvom uzorku.*

☐ ALGORITAM ZA TEHNOLOŠKO KODIRANJE IZRADAKA
- *Tipiziranje izradaka na temelju značajki 3DM, prvenstveno egzaktnim metodama, a po potrebi i metodama faktorske i diskriminacijske analize.*
- *Definira se manji broj složenih utjecajnih faktora, čija kombinacija predstavlja tehnološki kod izratka*

☐ ALGORITAM ZA IZBOR TIPA TEHNOLOŠKOG PROCESA
- *Kvalitativno definiranje osnovnih elemenata tehnološkog procesa na temelju tehnološkog tipa izratka i značajki 3DM, prvenstveno egzaktnim metodama, a po potrebi i metodom klaster analize i regresijske analize.*
- *Izradak se svrstava u skupinu kojoj je zajednički isti tip tehnološkog procesa, odnosno za koji je unaprijed definiran izbor primarnog procesa, polaznog materijala i redoslijed operacija.*

Cilj ove faze istraživanja je razvoj algoritma za tehnološku klasifikaciju na temelju 3DM izratka, rezultat je OTP kod izrade, a postupak je OTP klasifikacija.

Uspješnost istraživanja rezultira novom metodom[4] za automatizirano projektiranje tehnoloških procesa i procjenu cijene koštanja na temelju 3DM.
Ova metoda nazvana je metoda osnovnog tehnološkog procesa, odnosno OTP metoda.[5]



Slika 1 *Dijagram toka istraživanja* *[0]*

** Na osjenčanoj površini navedene su aktivnosti koje bi se provele nakon istraživanja koje je obuhvaćeno doktorskim radom.*

[4] Metoda: smišljen, planski postupak za postignuće nekog cilja, na nekom praktičnom ili teorijskom području; ustaljen način obavljanja neke djelatnosti (Izvor: Hrvatski leksikon)

[5] U daljnjem tekstu: Metoda osnovnog tehnološkog procesa - OTP metoda = mOTP

Uz istraživanje usmjereno na mogućnost tehnološke klasifikacije, kvalitativnog definiranja pojedinih elemenata tehnološkog procesa, istraživane su i mogućnosti kvantifikacije elemenata tehnološkog procesa.

Za određeni tehnološki tip izratka, višekratno je potvrđena mogućnost automatizacije procjene vremena izrade, kao najznačajnijeg utroška u cijeni koštanja. [28-31]
Napravljen je matematički model za izbor optimalnog primarnog procesa, i optimalne veličine serije za pojedine tehnološke operacije u redoslijedu operacija. [A]
Provjerena je mogućnost kvantificiranja određenih tehnoloških parametara značajnih za procjenu cijene koštanja. [B]

Pozitivni rezultati provedenih pomoćnih istraživanja ukazuju na postojanje zakonitosti koje omogućuju automatizirano kvantificiranje parametara tehnološkog procesa, utrošaka i troškova izrade za određeni tehnološki tip izratka.

Postojanje algoritma za tehnološku klasifikaciju 3DM omogućilo bi automatiziranu tehnološku klasifikaciju, čime bi bila ostvarena pretpostavka za potpunu automatizaciju projektiranja tehnoloških procesa.

Uspješnost ovog istraživanja mogla bi biti temelj za stvaranje nove znanstvena metoda za projektiranje tehnoloških procesa, mOTP.

To otvara i brojne mogućnosti daljnjih istraživanja u cilju primjene nove metode u praksi.

2. METODA OSNOVNOG TEHNOLOŠKOG PROCESA (mOTP)

Moguće vrste tehnoloških procesa obzirom na način projektiranja navedene su u [1], gdje je i prvi puta predstavljena zamisao automatiziranog projektiranja tehnoloških procesa. Tako nastali tehnološki proces nazvan je osnovni tehnološki proces (OTP).
Svi elementi OTP, objedinjeni u jednu cjelinu, mogli bi postati nova metoda projektiranja tehnoloških procesa. OTP metoda, ili kraće mOTP.

Specifičnost mOTP je ta da da su svi koraci u projektiranju tehnološkog procesa u potpunosti determinirani.
Najčešći naziv za skup determiniranih aktivnosti, pogotovo u matematici i računarstvu, je algoritam.[6] Algoritam u pravilu rješava cjeloviti zadatak obavljanjem više jednostavnijih, sa osnovnim zadatkom povezanih, manjih zadataka.

Svrha ovog istraživanja je definiranje algoritma za tehnološku klasifikaciju, kao temelja mOTP. To je to i razlog zbog kojeg naslov ovog rada počinje upravo riječju algoritam.
U ovom slučaju zadatak je projektiranje tehnoloških procesa, a mogući kriteriji za ocjenu uspješnosti algoritma vezani su uz kvalitetu, trošak, brzinu i točnost projektiranja.

Dostupno stanje tehnike omogućuje izradu istog izratka korištenjem različitih vrsta strojeva, pa se za ostvarenje izratka mogu projektirati vrlo različiti tehnološki procesi.
Planirani tehnološki proces ovisi o više čimbenika, prvenstveno o kvaliteti materijala izratka i veličini serije u kojoj će se izradak proizvoditi.
Često ograničenje je i instalirani tehnološki potencijal u tvrtki, ali i trenutna raspoloživost kapaciteta pojedinih strojeva. Tehnološki potencijal tvrtke prvenstveno čine instalirana oprema, dostupna oprema i razina primjene tehnološkog znanja.
Dodatno ograničenje je i postojeće tehnološko znanje u tvrtki, pogotovo ako to znanje, kao što je čest slučaj u praksi, nije sustavno, nego osobno znanje pojedinih zaposlenika tvrtke.
Dakle, za isti izradak mogući su različiti tehnološki postupci, a način projektiranja tehnološkog procesa zavisi o brojnim utjecajnim kriterijima.

Zamisao mOTP temelji se na postojanju unaprijed definiranih ulaznih i izlaznih podataka, ali i ograničenja na utjecajne faktore i sam proces projektiranja. Zbog njihove brojnosti i kompleksnosti potrebna je relacijska baza u kojoj će se podaci pohranjivati i obrađivati.

OTP proces i OTP sustav sa svim svojim osnovnim elementima pohranjeni su u OTP bazi podataka[7]. Pojedinačne skupine podataka u OTPbp upravo su razvrstane sukladno osnovnim elementima sustava i procesa OTP, što je u nastavku i detaljnije opisano.

---

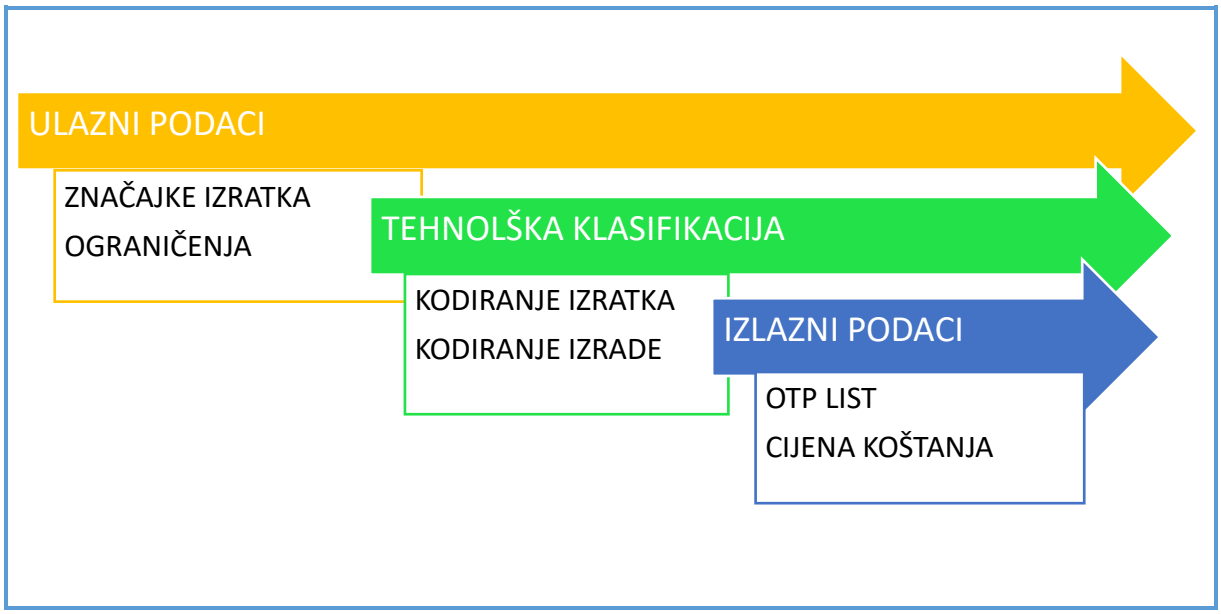
[6] Riječ „algoritam“ dolazi od latinskog prijevoda imena iranskog matematičara Al-Hvarizmija, koji se bavio trigonometrijom, astronomijom, zemljopisom, kartografijom, a smatra se ocem algebre jer je definirao osnovna pravila rješavanja linearnih i kvadratnih jednadžbi.
Enciklopedija i leksikon: Algoritam ili (etimološki ispravnije) ALGORIZAM, skup simbola i općeniti postupak za sustavno rješavanje pojedinačnih zadataka iz neke određene klase matematičkih problema.
Hrvatski enciklopedijski rječnik: 1. Opis niza postupaka koji dovode do rješenja nekog problema, skup pravila kako nešto učiniti. 2. Točan propis o izvođenju matematičkih operacija zadanim redoslijedom s ciljem rješavanja određenog problema (matematički) 3. Logičan slijed operacija koje će izvršiti računalni program, postupnik (informatički)

[7] U daljnjem tekstu: OTP baza podataka: OTPbp

2.1 OTP PROCES

Na slici 2 prikazani su osnovni elementi OTP procesa. Ključni postupak OTP procesa je tehnološka klasifikacija koja se sastoji od dvije međusobno povezane aktivnosti:

- KODIRANJE IZRADAKA
  - *na temelju značajki 3DM*
  - *jedinstveni OTP kod izrade sadrži 14 znamenki*
  - *svaki element OTP koda izrade je unaprijed definiran*
- KODIRANJE IZRADE
  - *definiranje osnovnih elemenata tehnološkog procesa*
  - *jedinstveni OTP kod izrade sadrži 16 znamenki*
  - *svaki element OTP koda izrade je unaprijed definiran*



Slika 2 *OTP proces* *[0]*

Dakle, OTP proces uključuje nekoliko postupaka kojima se na temelju osnovnih podataka o izratku za osnovni tehnološki potencijal definiraju osnovni tehnološki parametri, a prikazuje se na jednom dokumentu koji ima unaprijed definirane elemente.
Pri tome se može smatrati da su značajke izratka ulazni podaci (nezavisne varijable), da su tehnološki parametri izlazni podaci (zavisne varijable), a da su podaci o polaznom materijalu i proizvodnom potencijalu (vlastitom i tuđem) ograničenja postupka.

Naglasak istraživanja je upravo na tehnološkoj klasifikaciji, ali i na automatizaciji zapisa ulaznih podataka (značajki izratka) u OTPbp.
Aktivnosti vezane uz utrošak i cijenu koštanja ovim radom će se samo dotaknuti, uz napomenu da je već ranijim istraživanjima potvrđena mogućnost njihove automatizacije. Utrošak materijala i utrošak vremena rada, kao najznačajniji elementi cijene koštanja, kvantificirali bi se sustavom jednadžbi razvijenih za pojedine skupine sukladno tehnološkom kodu izratka.

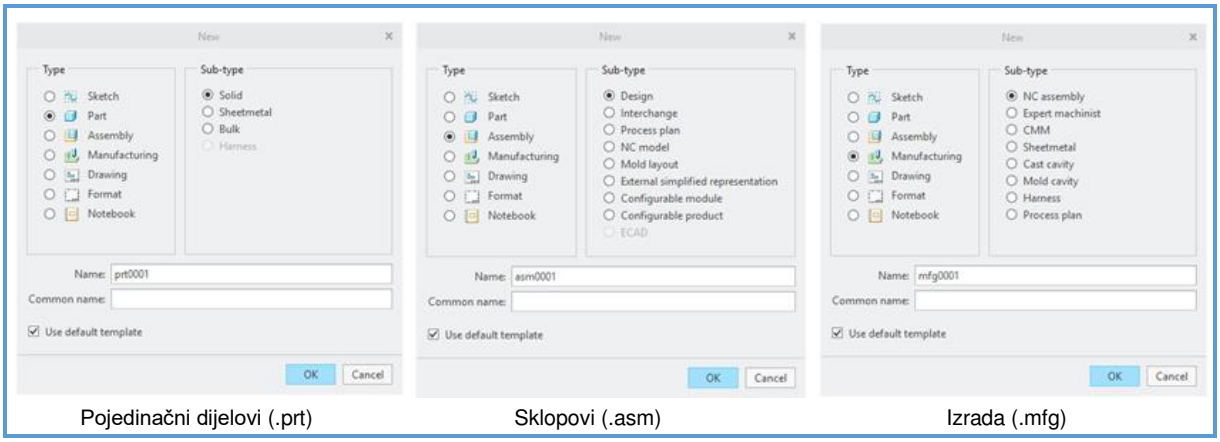
U nastavku ovog poglavlja opisani su osnovni postupci mOTP u glavnim crtama, a u poglavljima vezanim uz provedeno istraživanja, opisuju se detaljnije, na razini aktivnosti, pa čak i događaja.
Naravno, u OTPbp, odnosno u razvijenom algoritmu, sve je definirano detaljno.

2.1.1 Kvantificiranje značajki izratka

Značajke izratka nezavisne su varijable pri projektiranu tehnoloških procesa, pa je njihovo poznavanje nužan preduvjet za automatizaciju projektiranja osnovnih tehnoloških procesa.
Da bi cijeli proces bio potpuno automatiziran, što je cilj mOTP, potrebno je automatizirati i kvantificiranje značajki 3DM, na kojem se temelji budući izradak. Za to je potrebno osmisliti računalni program koji će se moći povezati sa softverom za 3D modeliranje, CAD softverom – 3DS[8].
Iako postoje brojni proizvođači 3DS, tri su vodeća, i to upravo oni koji su osnova softverskih paketa utemeljenih na koncepciji PLM (**P**roduct **L**ifecycle **M**anagement):

- CREO TVRTKA PTC (RANIJI NAZIV TVRTKE PARAMETRIC TECHNOLOGY CORPORATION)
- CATIA TVRTKA DASSAULT SYSTEMES (VLASNICI I SOLIDWORKS CAD SOFTVERA)
- NX TVRTKA SIEMENS (RANIJI NAZIV SOFTVERA NX UNIGRAPHICS, ODNOSNO UG)

Općenito, 3DS imaju više različitih mogućih radnih modula, pri čemu osnovni moduli mogu imati i dodatne pod module, ovisno o tipu objekta koji se kreira. Mogući moduli 3DS prikazani su na slici 3.



Pojedinačni dijelovi (.prt) Sklopovi (.asm) Izrada (.mfg)

Slika 3 PTC/CREO 4.0 – moduli za kreiranje novog objekta [0]

Odlučujući kriterij za izbor jednog od navedenih 3DS bio je mogućnost razvojne i tehničke podrške vezane uz sam softver od strane ovlaštenih zastupnika za hrvatsko tržište. Tvrtka EAG d.o.o. iz Zagreba, kao zastupnik PTC/CREO paketa, po osobnom iskustvo autora ovog rada pokazala se najfleksibilnijom.
Konkretno, u ovom istraživanju korišten je softver PTC/CREO. [9]
Kako se CREO razvijao tijekom vremena, u istraživanju su korištene uvijek nove verzije, zaključno sa CREO 4.0, koji poseban naglasak stavlja na mogućnost definiranja svih podataka o izratku na samom 3D modelu. MDB koncept (Model-Based Definition).

Uz povezivanje sa 3DS, potrebno je osigurati i da se kvantificirani set podataka u svom digitalnom zapisu može koristiti za daljnje analize u drugim softverima.

Razvoj računalnog programa za kvantificiranje značajki 3DM je nužna pretpostavka za ovo istraživanja, i njemu će se u nastavku posvetiti više prostora, cijelo jedno poglavlje.

[8] U daljnjem tekstu: CAD softver = 3DS
CAD je oznaka računalnih programa koji se mogu ubrojiti u skupinu računalnih programa koji služe kao alati za modeliranje izradaka. Sam naziv skupine potječe od akronima koji se temelji na engleskom jeziku (Computer Aided Design)

2.1.2 Kodiranje izratka

Iako je svaki izradak jedinstven, moguće je odrediti zajednička svojstva izradaka, čija kvantifikacija bi mogla ukazivati na stupanj njihove međusobne sličnosti, ili različitosti. Skup svih odabranih svojstava izradaka može se nazvati kod izratka, a postupak kvantificiranja svojstava, kodiranje izratka.

Obzirom na definiranje razreda pojedinih svojstava, OTP metoda koristi se načelom jednostavnosti, odnosno kategorizacija do u 10 kategorija, što se onda može označavati jednoznamenkastim brojevima.
Budući je svrha OTP kodiranja izradaka njihova tehnološka klasifikacija, za sva svojstva vrijedi isto pravilo:

„Što je svojstvo tehnološki prihvatljivije, to je kodni broj manji“.

Podrazumijeva se da je tehnološki prihvatljivije ono svojstvo koje uzrokuje manji utrošak pri izradi. Konkretno, manje vremena potrošit će se pri obradi izratka od mesinga, u odnosu na isti izradak iz alatnog čelika. (Različite su brzine rezanja za ove materijale)

U pravilu se svojstva kvantificiraju u rasponu od 1 do 9, a za svojstva koja ne moraju nužno uvijek biti zastupljena na izratku kvantificiranje može ići u rasponu od 0 do 9.
Vrijednost koda nula (0) znači da tog svojstva uopće nema, pa nema ni utroška po tom osnovu. Primjer je svojstvo npr. površinske zaštite, gdje na nekim proizvodima uopće nema potrebe za površinskom zaštitom, a na nekima je zahtjev npr. da budu vruće cinčani, ili lakirani, ili slično. Dakle:

- 0 – NEMA PROMATRANOG SVOJSTVA NA IZRATKU
  - *Za ostvarenje ovog svojstva nije potreban nikakav utrošak*
- 1 – TEHNOLOŠKI NAJLAKŠE OSTVARIVO
  - *Ostvarenje ovog tehnološkog svojstva je lako i iziskuje vrlo male troškove*
- 2 DO 8– TEHNOLOŠKI OSTVARIVO SVOJSTVO
  - *Ostvarenje ovog tehnološkog svojstva je moguće, sa manje (2) ili više (8) troškova*
- 9 – VRLO TEŠKO ILI GOTOVO TEHNOLOŠKI NEOSTVARIVO
  - *Za ostvarenje ovog svojstva potrebna je posebna (skupa) tehnologija*

Ako se kao zajedničko svojstvo izradka odabere „kvaliteta materijala izratka“, tada će se izradci iz mesinga kodirati sa manjim kodnim brojem od izradaka iz nehrđajućeg čelika.
U OTPbp je potrebno za svako odabrano svojstvo napraviti posebnu tablicu koja bi uz kodni broj trebala sadržati i naziv stupnja svojstva. Npr. za svojstvo „veličina“ izradak se može kategorizirati od 1 = „sitno“, preko 2 = „jako malo“, pa do 9 = „ogromno“.

OTP kod izratka[9] je šifra u kojoj svaka znamenka predstavlja točno određeno svojstvo izratka. Broj znamenki šifre je konstantan, obuhvaća sva potrebna svojstva izratka, a vrijedi za bilo koji izradak. U OTPki svako svojstvo ima točno određeno mjesto.

Kodiranje izradaka u mOTP vrši se na temelju podataka koji su sadržani u .btp. Zavisno o svojstvu izratka koje se kodira, koriste se različite metode i postupci. U pravilu, za svako svojstvo izratka potrebno je istražiti njegov način kodiranja.

Kodiranje izradaka je temeljni dio ovog istraživanja, i njemu će se u nastavku posvetiti više prostora, cijelo jedno poglavlje.

[9] U daljnjem tekstu: OTP kod izratka = OTPk

2.1.3 Kodiranje izrade

Svaki izradak moguće je napraviti na više različitih načina, što upućuje na ne postojanje jedinstvenog tehnološkog procesa izrade, a to implicira ne postojanje jedinstvenog koda izrade. S druge strane, da bi se tehnološki procesi automatizirano projektirali, potreban je jedinstveni kod izrade.
Pa ipak, moguće je pomiriti ova dva suprotstavljene zahtjeva, uvođenjem određenih ograničenja vezanih uz tehnološke, pa i proizvodne procese. Kao što je već napomenuto rješenje je u osnovnim tehnološkim procesima, po kojima će i cijela ova nova znanstvena metoda dobiti ime, mOTP.

OTP kod izrade se definira na temelju 16 osnovnih skupina elemenata tehnološkog procesa, koji se mogu podijeliti u tri osnovne vrste:

- PRIMARNI PROCES (6 ELEMENATA)
  - VRSTE OBRADE KOJE SE KORISTE U PRIMARNOM PROCESU
    - *praoblikovanje, preoblikovanje, spajanje (lijevanje; deformiranje; zavarivanje)*
  - VRSTE OBRADE KOJE SE KORISTE U SEKUNDARNOM PROCESU
    - *obrada odvajanjem čestica; toplinska obrada; površinska zaštita*
- POLAZNI MATERIJAL (1 ELEMENT)
  - IZRAVNO OVISI O ODABRANOM PRIMARNOM PROCESU
    - *poluproizvodi; odljevci; otkovci; zavareni sklopovi*
- RADNE OPERACIJE (9 ELEMENATA)
  - ULAZNI TEHNOLOŠKI POSTUPCI
    - *odrezivanje; bravarija; posebni postupci*
  - OSNOVNI TEHNOLOŠKI POSTUPCI
    - *tokarenje; bušenje; glodanje*
  - ZAVRŠNI TEHNOLOŠKI POSTUPCI
    - *fini postupci; dodatni postupci; završni postupci*

U svaku od 16 osnovnih skupina moguće je dodati do 9 tipova elemenata tehnološkog procesa. Pri tome se koristi hijerarhijski princip, odnosno svi tipovi jedne skupine zadovoljavati zajednička svojstva nadređene skupine.

Zavisno o željenoj detaljnosti projektiranja tehnološkog procesa, moguće je i same tipove elemenata još i dodatno hijerarhijski podijeliti na do 9 članova.
Dakle, obzirom na detaljnost, izradu je moguće kodirati do u četiri razine (vrsta – skupina – tip – član).
Izbor mogućih elemenata svih navedenih razina predstavlja ograničenje metode, a ono se može razlikovati ovisno o iskustvu i znanju autoru istraživanja. Ovim istraživanjem predviđeno je definiranje minimalno 16 osnovnih skupina podataka, za prve dvije skupine detaljno do treće razine (tipovi elemenata), a za treću skupinu i do četvrte razine (radna mjesta).

Odabir predodređenih, mogućih, elemenata temelji se na poznavanju postojećeg stanja tehnike i tehnologije.
Elementi koji se mogu koristiti u projektiranju osnovnih tehnoloških procesa, podložni su promjenama, obzirom na vrijeme i okruženje u kojem se mOTP koristi.
Princip kodiranja izrade sličan je kodiranju izradaka, odnosno koriste se brojevi od 0 do 9. U ovom slučaju kodni brojevi ne kvantificiraju svojstvo, nego samo kvalitativno definiraju tehnološki proces, obzirom na uključenost točno određenog elementa tehnološkog procesa.

U pravilu se za sve elemente osnovnog tehnološkog procesa primjenjuje isti način korištenja brojčanih oznaka:

- 0 – NEMA POTREBE ZA PROMATRANIM ELEMENTOM
- 1 – OPĆENITO, BILO KOJI ČLAN PROMATRANE SKUPINE ELEMENATA
- 2 DO 7 – TOČNO ODREĐENI ČLAN IZ PROMATRANE SKUPINE ELEMENATA
  - *ukoliko skupina ima manje od 6 unaprijed definiranih izbora neki brojevi mogu biti bez dodijeljenih elemenata (prazno polje).*
- 8 – KOMBINACIJA NEKOLIKO MOGUĆIH ČLANOVA IZ SKUPINE (2 DO 7) ELEMENATA
- 9 – OSTALI, NESPECIFICIRANI MOGUĆI IZBORI ZA SKUPINU ELEMENATA

OTP binarni kod izrade[10] definira samo potrebu za određenim elementom u tehnološkom procesu, dakle jedno od dva moguća stanja, DA-NE; 0-1.
Za slučaj klasifikacije samo na najvišoj razini moguće je jednim kodom definirati stanje 3 elementa osnovnog tehnološkog procesa (za dva stanja = $2^3 = 8$). Dakle dovoljno je 6 kodnih brojeva za definiranje svih 16 elemenata osnovnog tehnološkog procesa.
Za detaljnije projektiranje tehnoloških procesa potrebno je 16 kodnih brojeva, za svaki element osnovnog tehnološkog procesa po jedan kodni broj.

Ukoliko je kod najviše hijerarhijske razine „=0“, jasno je da su i svi hijerarhijski niži članovi kodirani sa „0“. Ako nema potrebe za npr. lijevanjem, nema potrebe ni za lijevanjem u pijesku, ni za tlačnim lijevom, ni za preciznim lijevom,…
S druge strane, ukoliko je kod najviše hijerarhijske razine „=1“, tada se detaljnijim projektiranjem tehnoloških procesa može odabrati neki od tipova skupine (iz hijerarhijski niže tablice predodređenih elemenata). Ako ima potrebe za npr. lijevanjem, može se detaljnije utvrditi da je od obrade lijevanja potreban baš npr. postupak tlačnog lijeva.

Da bi se moglo detaljnije kodirati izradu, kodni brojevi se vežu uz hijerarhijski stupanj promatranog elementa tehnološkog procesa. Obzirom na detaljnost projektiranja tehnoloških procesa kodni brojevi mogu biti jedno, dvo i troznamenkasti. Troznamenkastim brojem moguće je npr. definirati radno mjesto na kojem se izvodi radna operacija.

Primjer oznaka za element iz skupine radne operacije:

ODREZIVANJE	1	*(odrezivanje je potrebno kao radna operacija za izradu promatranog izratka)*
PILJENJE	12	*(piljenje je na 2-om mjestu među tipovima tehnoloških postupaka odrezivanja)*
Tračna pila PA-300	124	*(stroj PA -300 je na 4-om mjestu među članovima skupine strojeva za piljenje)*

ili

TOKARENJE	4	*(tokarenje je potrebno kao radna operacija za izradu promatranog izratka)*
TOKARENJE FINO	45	*(tokarenje fino je na 5-om mjestu među tipovima tehnol. postupaka. tokarenja)*
TNP-160B	451	*(radno mjesto TNP-160B je na prvom mjestu među strojevima za tokarenje)*

Kodiranje izrade je logični nastavak temeljnog istraživanja, a ujedno i konačni cilj ovog istraživanja, i njemu će se u nastavku posvetiti više prostora, cijelo jedno poglavlje.

[10] U daljnjem tekstu: OTP binarni kod izrade: OTPbk

2.1.4 Kvantificiranje elemenata utroška

Za razliku od cijena, koje se ne mijenjaju zavisno o izratku koji se proizvodi, utrošci ovise isključivo o izratku, i u pravilu se ne mogu se ugraditi kao pred definirane vrijednosti u bazu podataka.
Dakle, za kvantificiranje utrošaka potrebni su algoritmi koji u obzir uzimaju posebnosti svakog izratka. Algoritmi za izračun utrošaka materijala i usluga su relativno jednostavni, a utrošci vezani uz proizvodne troškove, tehnološke postupke i radne operacije iziskuju složenije algoritme.
U pravilu je najteže definirati potrebno vrijeme izrade, kao osnovni utrošak u elementu troškova rada.

Ranijim istraživanjima dokazana je mogućnost kvantificiranja vremena izrade primjenom statističkih metoda, regresijske analize i neuronskih mreža. [28]
Ovim istraživanjem, kao sekundarni rezultat, otvorena je mogućnost i egzaktnog izračunavanja vremena izrade neke radne operacije.
Najlakše je to ostvariti za, uobičajeno, prvu operaciju u tehnološkom procesu, a to je odrezivanje poluproizvoda na zadanu mjeru.
Naime operacija odrezivanja je relativno jednostavna budući je polazni materijal u potpunosti definiran, a najčešće je potrebno samo ga „skratiti“ na neku određenu duljinu.
U slučaju odrezivanja na pili sama duljina na koju se odrezuje nije od velikog značaja na vrijeme odrezivanja.
Vrijeme odrezivanja ovisi gotovo isključivo o površini presjeka profila i kvaliteti materijala izratka, a to su unaprijed poznati podaci. Ne samo da je vrijeme izrade moguće izračunati egzaktnom jednadžbom, nego već i postoje u praksi izračunate vrijednosti prikazane u tablicama za pojedine poluproizvode.
Budući mOTP ima bazu podataka raspoloživih poluproizvoda, uz postojeća svojstva poluproizvoda, npr. masu po jedinici mjere (kg/m), moguće je dodati i podatak o vremenu rezanja, i to komponentu pripremno završnog vremena, i komponentu tehnološkog vremena.
Na taj način, moguće je utvrditi vrijeme izrade za bilo koji izradak već u fazi izbora polaznog materijala.

Opisan je primjer za šipkaste poluproizvode koji se u pravilu odrezuju na tračnoj pili, ali istraživanjem je moguće unaprijed definirati i potrebno vrijeme odsijecanja tih istih profila na posebnim strojevima za odsijecanje, u slučaju grubih (ne zahtjevnih) izradaka.
Praktički je vrijeme samog odsijecanja na tim strojevima konstantno (trajanje udarca, cca. nekoliko sekundi), i taj podatak može biti u bazi. U ovom slučaju je duljina izratka bitna, budući pomoćno kretanje za dulje komade može biti i veće od vremena samog odsijecanja. No, i ovu komponentu vremena je relativno lako izračunati, jer je posmična brzina za svaki stroj unaprijed poznati podatak i može biti sastavni dio podatka u tablici strojeva. Duljina izratka podijeljena sa brzinom posmaka rezultira komponentom pomoćnog vremena.
Isto vrijedi za odsijecanje tanjih limova (škare).
Na temelju poznavanja opsega površine koju je potrebno odrezati, moguće je egzaktno odrediti i vrijeme rezanja limova postupcima plinskog rezanja, odnosno rezanja mlazom.

U ovom istraživanju kvantificiranje utroška nije primarni cilj, pa se sukladno tome ovom elementu cjelovite mOTP neće ni posvećivati toliko pažnje kao što je to slučaj sa postupcima kvantificiranja značajki 3DM, kodiranjem izradaka i klasifikacijom izrade.

2.1.5 Izračun cijene koštanja izratka

Bez obzira na, u praksi, različita rješenja utvrđivanja cijene proizvoda:

- BEZ VLASTITOG UTVRĐIVANJA CIJENE PROIZVODA (PRIHVAĆANJE TUĐE CIJENE)
  - *dobavljač prihvaća cijenu koju je kupac spreman platiti*
  - *kupac prihvaća ponuđenu cijenu od dobavljača*
  - *kupac traži više ponuda dobavljača, pa odabire najpovoljniju (u pravilu najniža cijena)*
- PROCJENA CIJENE PROIZVODA
  - *na temelju postojećih cijena sličnih proizvoda*
  - *na temelju postojećih cijena sa istim partnerom*
  - *na temelju dominantnog svojstva (npr. masa izratka, često za bravarske radove Kn/kg)*
- PRORAČUN CIJENE PROIZVODA
  - *na temelju detaljnog proračuna vremena izrade za svaku operaciju*
  - *na temelju simulacije izrade proizvoda (CAM program za CNC stroj)*
  - *na temelju izrade probne serije*

sasvim je sigurno da je cijenu proizvoda potrebno utvrditi na temelju analize utrošaka.

Iako se cijena proizvoda u konačnici izražava kao jedinstvena brojčana vrijednost, poželjno je poznavati interval cijene proizvoda, odnosno područje između maksimalne i minimalne moguće cijene proizvoda.

Granične veličine intervala cijene proizvoda mogu se definirati kao:

- PRODAJNA CIJENA – TRŽIŠNA CIJENA
  - GORNJA GRANICA INTERVALA
    - *Cijena koju je kupac spreman platiti za isporučeni proizvod*
    - *U pravilu se definira na temelju postojeće konkurencije na tržištu*
    - *Vrijedi zakon ponude i potražnje*
- PROIZVODNA CIJENA – CIJENA KOŠTANJA
  - DONJA GRANICA INTERVALA
    - *Cijena koja je potrebna da bi se napravio proizvod*
    - *U pravilu ovisi o utroščima u proizvodnji*
    - *Izravno ovisi o tehnološkom postupku izrade proizvoda*

Prodajna cijena bi u pravilu trebala biti veća od cijene koštanja. Samo u iznimnim slučajevima može biti prodajna cijena jednaka cijeni koštanja, a svakako ne bi smjela biti manja od nje.

U slučaju kada su prodajna cijena i cijena koštanja jednake ne postoji interval cijene. Iako su u tom slučaju „pokriveni“ svi proizvodni troškovi, ne samo da ne postoji mogućnost ostvarenja dobiti, nego je vrlo izvjestan i poslovni gubitak. Tijekom proizvodnje vrlo je moguć nastanak neplaniranih troškova, npr. povećanje škarta, ili potrebe za doradom, a ne postoji dodatni izvor prihoda iz kojeg bi se to moglo financirati.
Čak i kada ne bi bilo dodatnih troškova u proizvodnji, slučaj u kojem je prodajna cijena jednaka cijeni koštanja dugoročno vodi tvrtku u propast, ili barem zaostajanje za konkurencijom, budući tvrtka nema novaca za tehnološki napredak.

Može se zaključiti je da da je nužno potrebno poznavati cijenu koštanja proizvoda prije formiranja prodajne cijene.
Određivanje cijene koštanja upravo i je krajnji cilj mOTP.

Na cijenu koštanja izratka utječu različiti troškovi koji nastaju u procesu njegove izrade, a mOTP proizvodne troškove dijeli na tri osnovne cjeline, i to:

- MATERIJAL
  - TROŠAK POTREBNOG MATERIJALA ZA IZRADU
    - *reprodukcijski materijal, sa potrebnim dodacima za obradu*
    - *dodatni materijal (npr. žica za zavarivanje, ili elektrode)*
- USLUGA
  - TROŠAK RADA KOJI TVRTKA NE MOŽE SAMA OBAVITI
    - *potrebni tehnološki postupci koje nije moguće izvesti u tvrtci (npr. premali radni hod raspoloživih strojeva)*
    - *posebni tehnološki postupci kojima se u pravilu bave specijalizirane tvrtke (npr. galvanizacija)*
- RAD
  - TROŠAK RADA OSNOVNIH DJELATNOSTI PROIZVODNE TVRTKE
    - *potrebne radne operacije (npr. tokarenje, glodanje, brušenje, zavarivanje,…)*
    - *rezni alati koji se troše tijekom radne operacije (npr. svrdla, glodala, brusne ploče…)*
    - *specijalni alati i naprave (npr. naprava za zavarivanjem alat za probijanje,…)*
    - *potrošni materijal, koji se ne ugrađuje u sam izradak, ali je potreban tijekom izrade (npr. alati, zaštitne rukavice, …).*

Općenito, svaki element troška jednak je umnošku utroška i njegove jedinične cijene:

$$T_i = U_i \times C_i$$

Utrošak se izražava u odgovarajućoj jedinici mjere, cijena u novčanoj jedinici po odabranoj jedinici mjere utroška, pa je izračunati trošak iskazan u odabranoj novčanoj jedinici.

Materijal se u pravilu definira umnoškom mase i cijene materijala, usluga umnoškom količine i cijene usluge, a rad se definira na temelju utroška vremena i cijene sata rada.
U pravilu se u cijenu sata rada za svako radno mjesto (radnu operaciju) uključuju i prosječni troškovi reznih alata i potrošnog materijala.

Cijene su relativno lako utvrdljive, te ih je pogodno ugraditi u bazu podataka vezano uz utrošak na koji se odnose. Iako su cijene podložne promjeni tijekom vremena, ipak se one u bazi podataka mogu smatrati rijetko promjenljivim podacima. Promjena cijena tijekom vremena u bazi podataka može se automatizirati. Npr. cijene materijala u bazu se unose iz računa dobavljača prilikom svake kupnje, a uobičajeno se „kalkulativna“ cijena utvrđuje kao zadnja cijena po kojoj je taj materijal kupovan.
Slično je i sa cijenama usluga, koje se mogu procijeniti temeljem statističkog praćenja.
Cijene radnog sata bi trebale biti sastavni dio podataka o radnom mjestu u bazi podataka.

Za razliku od cijena, pojedine utroške je ipak teže unaprijed izračunati. Pogotovo se to odnosi na potrebno vrijeme izrade, za što je potrebno poznavanje načina na koji će se proizvod napraviti.

Iako je cijena koštanja krajnji cilj mOTP, uzimajući u obzir ranija istraživanja kojima je dokazana mogućnost procjene vremena izrade za određene tipove izradaka, izračun cijene koštanja nije primarni problem ovog istraživanja.

2.1.6 Samonadogradnja uzorka

Radi se o u budućnosti mogućem modulu softvera koji teži k samoučećoj umjetnoj inteligenciji. Pretpostavlja se primjena mOTP u praksi, pri čemu će se ona koristiti za nove izratke. Svaki novi izradak potencijalno je i dodatni elemenat u OTP uzorku.
Porast elemenata u uzorku omogućio bi istraživanja sa očekivano preciznijim rezultatima, prvenstveno u pogledu kvantifikacije parametara tehnološkog procesa, a samim time i cijene koštanja.
Filtriranjem podataka za svakog pojedinačnog korisnika mOTP, omogućilo bi se stvaranje podskupova uzorka na temelju kojih bi se moglo izvršiti istraživanje za stvarne uvjete upravo tog korisnika. Time bi se uz osnovne tehnološke procese, metoda mogla proširiti i za posebne tehnološke procese, ovisno o tehnološkom potencijalu svakog pojedinog korisnika mOTP.

Ukoliko bi OTPbp bila organizirana kao zajednička baza za sve korisnike mOTP, za očekivati je da bi veličina populacije u uzorku s vremenom značajno rasla.
Značajni porast uzorka opravdava dodatna istraživanje u cilju dobivanja finijih rezultata za bilo koju od zavisnih varijabli. Pri tome je važno napomenuti da je metoda istraživanja za svaku pojedinu zavisnu varijablu već definirana ovim temeljnim istraživanjem. Svako dodatno istraživanje bi se provelo na isti način, kao što je to propisanom mOTP, uz razliku što bi se promijenili ulazni podaci (drugi izradci).
Ovo upućuje na mogućnost automatizacije dodatnih istraživanja, odnosno automatsku promjenu koeficijenata u jednadžbama, sukladno podacima vezanim uz nove izratke i njihove ostvarene tehnološke postupke.

Tri su osnovna kriterija, na temelju kojih bi se trebalo definirati donošenje odluke o pokretanju redefiniranja postojećih jednadžbi:
Razina promjena veličine uzorka nakon koje se očekuje povećanje točnosti postojećih jednadžbi
Minimalna veličina uzorka za pojedine korisnike nakon koje se očekuje pouzdanost jednadžbi koje bi se utvrdile za upravo tog postojećeg korisnika
Promjena tehnološkog potencijala korisnika, npr. promjena strojnog parka, nakon koje je potrebno korigirati postojeće jednadžbe mOTP za tog korisnika.

Nakon ispunjenja nekog od navedenih kriterija, automatski bi se pokrenula obrada uzorka, a novi koeficijenti bi postali trenutno dostupni, odnosno mogli bi zamijeniti dotadašnje. Korisnici bi o tome bili obaviješteni, a trebala bi im biti i omogućeno da ne prihvate nove rezultate istraživanja, odnosno da i nadalje koriste dotadašnje jednadžbe. U svakom slučaju bi jednadžbe svih prethodnih istraživanja ostale u OTbp, a korisnik bi u svakom trenutku mogao odabrati „varijantu mOTP“ koju će koristiti.

Realizacija samoučeće mOTP nije znanstveni, nego informatički problem, te se ne vidi značajnija prepreka njenog ostvarenja. Izuzev možda materijalnih ograničenja, budući je potrebno programerski napraviti i ugraditi u metodu sve matematičke modele, koji su u temeljnom istraživanju izvršavani „ručno“. Pod terminom „ručno“ podrazumijeva se da su se modeli izvršavali na računalu, ali da je ulazne podatke za svaki pojedini model istraživač pripremao posebno.
Ovim modulom OTP softvera bi se i priprema uzorka za istraživanje i obrada podataka automatizirali.

2.2 OTP SUSTAV

OTP sustav je skup svih funkcionalno raspoređenih i odgovarajuće međusobno povezanih elemenata koji su potrebni za provedbu OTP procesa.
OTP sustav treba omogućiti automatizirano projektiranje tehnoloških procesa, odnosno izračun cijene koštanja izratka kao krajnji cilj mOTP.

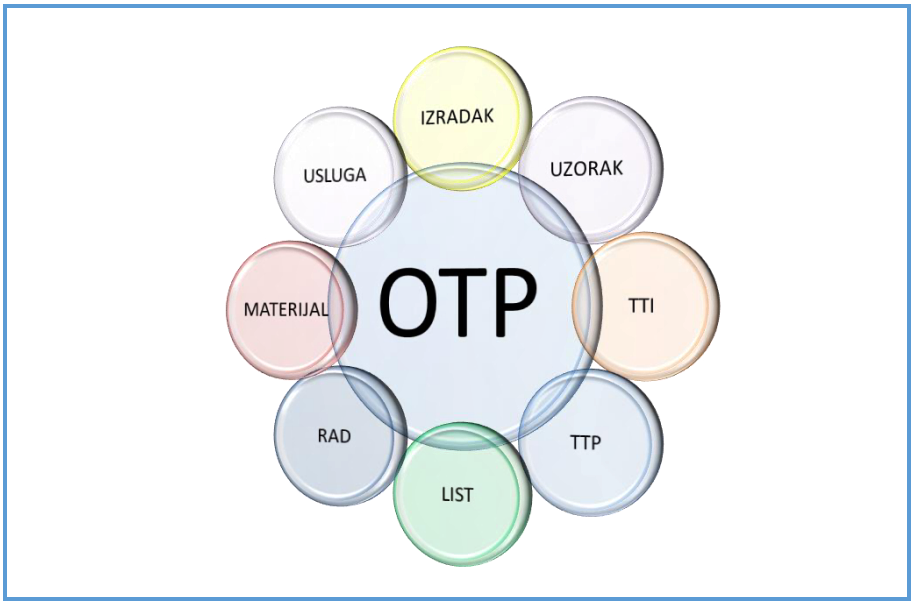
Projektiranjem tehnoloških procesa, općenito, uz odabir polaznog materijala, naročito se definiraju i potrebne radne aktivnosti za pretvorbu pripremka u izradak.
Osnovni tehnološki potencijal koji je na raspolaganju za proizvodnju izradaka može se nazvati OTP tvornica.
Da bi se osigurala primjenljivost rezultata mOTP u praksi, potrebno je kao dostupnu tehnologiju odabrati uobičajenu tehnologiju iz postojeće prakse. Cilj je oblikovanje ***virtualne tvornice*** koja će što bolje odgovarati ***praktičnoj tvornici***, odnosno da OTP tvornica bude slična stvarno postojećim tvornicama.
Pri tome je potrebno voditi računa da su u praksi tvornice vrlo često tehnološki specijalizirane, odnosno da nemaju instaliranu svu uobičajenu tehnologiju, ali da istovremeno imaju instalirane specijalne i još uvijek u praksi rijetke tehnologije.
Virtualna OTP tvornica projektirana je na način da obuhvati tehnološke mogućnosti različito specijaliziranih tvrtki, ali u prosječnom tehnološkom rasponu, dakle bez ekstremno rijetkih i specijalnih tehnologija.
U praksi gotovo da ni nema primjera u kojem bi neka tvrtka imala instaliranu opremu i strojeve koji omogućuju izvršenje svih vrsta obrade, a niti svih tehnoloških postupaka.

Rješenje je u razdvajanju radnih aktivnosti, obzirom na njihovu učestalost i univerzalnost. Pretpostavlja se da tvrtka sama obavlja učestale i univerzalne radne aktivnosti, a da će rijetke i specijalizirane aktivnosti naručiti kao uslugu kod druge tvrtke koja se time bavi.
OTP proizvodni sustav sastoji se iz osnovne tvornice i niza specijaliziranih tvornica. U praksi su poslovi koje obavljaju specijalizirane tvornice u pravilu nazivaju „usluge“, a tvrtke kod kojih se naručuju „dobavljači“.
Za osnovnu tvornicu tehnološki postupak se detaljnije razrađuje, a za usluge se samo određuje potrebna vrsta obrade i eventualni njen tehnološki postupak.
Obzirom na moguće tehnološke aktivnosti OTP tvornica se dijeli na:

- OTP USLUGE
  - VRSTE OBRADE I NJIHOVI TEHNOLOŠKI POSTUPCI
    - *postojeće vrste obrade bez obrade odvajanja čestica (primarni proces)*
    - *postojeći tehnološki postupci unutar pojedine vrste obrade*
    - *hijerarhijska podjela u dvije razine (obrade - postupci)*
- OTP RAD
  - TEHNOLOŠKE OPERACIJE I RADNA MJESTA
    - *postupci - uglavnom tehnološki postupci obrade odvajanjem čestica, plus nekoliko odabranih postupaka izvan obrade odvajanja čestica*
    - *tehnološke operacije odabranih postupaka*
    - *radna mjesta (strojevi sa kojima je moguće vršiti odabrane tehnološke operacije)*
    - *hijerarhijska podjela u tri razine (postupci – radna mjesta)*

U OTP se tehnološke aktivnosti dijele na dvije cjeline, od kojih se OTP usluga razrađuje samo na razini tržišnog troška, a OTP rad puno detaljnije, uključujući i elemente utroška.

Kao što je prikazano na slici 4, uz navedene dvije cjeline vezane uz tehnološke aktivnosti, OTP sustav temelji se na još 6 zaokruženih cjelina. Ukupno 8 osnovnih elementa.



Slika 4 *OTP sustav* *[0]*

- OTP IZRADAK
  - DOSTUPNI PODACI O IZRATKU
    - *unaprijed definirani podaci koje je moguće automatizirano kvantificirati*
- OTP USLUGA
  - MOGUĆE VRSTE OBRADE
    - *unaprijed definirani dostupni tuđi proizvodni uvjeti (kooperanti)*
- OTP MATERIJAL
  - DOBAVLJIVI POLAZNI MATERIJAL
    - *unaprijed definirani dostupni poluproizvodi*
- OTP RAD
  - RASPOLOŽIVI PROIZVODNI POTENCIJAL
    - *unaprijed definirani dostupni vlastiti proizvodni uvjeti (tvornica)*
- OTP UZORAK
  - OSNOVNI PROIZVODNI PROGRAM
    - *unaprijed definirani izradci sa kvantificiranim nezavisnim i zavisnim varijablama*
- TEHNOLOŠKI TIP IZRATKA (TTI)
  - OTP KOD IZRATKA (OTPK)
    - *unaprijed definirani elementi kodnog sustava izratka*
- TIP TEHNOLOŠKOG PROCESA (TTP)
  - OTP KOD IZRADE (OTPBK)
    - *unaprijed definirani elementi kodnog sustava izrade*
- OTP LIST
  - OSNOVNI TEHNOLOŠKI I TROŠKOVNI PARAMETRI
    - *unaprijed definirani parametri koje je potrebno kvantificirati*

NEZAVISNE VARIJABLE

OGRANIČENJA (OTP TVORNICA)

OSTVARENI TEHNOLOŠKI PROCESI

TEHNOLOŠKA KLASIFIKACIJA

ZAVISNE VARIJABLE

2.2.1 OTP izradak

OTP izradak je zamisao nekog budućeg materijalnog objekta predstavljena digitalnim zapisom njegovog 3DM.
OTP izradak može biti i digitalni zapis 3DM nekog već postojećeg objekta.
Sam 3DM može predstavljati različite objekte po strukturi, složenosti, ili namjeni. U ovom istraživanju se u pravilu 3DM odnose na pojedinačne dijelove (pozicije), ili rjeđe sklopove, i to uglavnom na one koji se realiziraju strojarskom proizvodnjom.

Općenito se može OTP izradak definirati kao digitalni zapis 3DM, a u ovom istraživanju radi se o 3DM, odnosno digitalnom zapisu izratka koji je nastao modeliranjem u nekom od 3DS.

CAD formati zapisa

Produkt 3D modeliranja je digitalni zapis modela.
Proizvođači 3DS nastoje samim nazivom digitalnog zapisa modela naznačiti da se radi o modelu koji je nastao korištenjem upravo njihovog softvera.
Npr. „Osovina12.prt“, gdje je „Osovina12“ naziv modela, a „.prt“ označava da se radi o formatu zapisa CREO za pojedinačni dio, a ne za sklopove.

Formati digitalnog zapisa 3DM se razlikuju i prepoznaju po nastavku koji se automatski dodaje iza imena datoteke. Format zapisa odijeljen je od naziva modela točkom.
Uobičajeno 3DS ima više svojih vrsta formata zapisa.
Formati zapisa istog objekta, napravljenog u istom 3DS, ovisno o korištenom modulu softvera, označavaju se u pravilu različitim nastavcima nakon imena datoteke.
Prvenstveno se to koristi za prostorne značajke modela (3D) i značajke prikaza modela na crtežu (2D).

Ukoliko se model „otvori“ u softveru u kojem je i kreiran, uz podatke o samom modelu, moguće je vidjeti i podatke o procesu modeliranja. Tako se na posebnom dijelu ekrana prikazuje popis elemenata modela, odnosno korištenih alata za njihovo nastajanje, kao i vremenski redoslijed nastanka pojedinog elementa.

Postoje i neutralni oblici zapisa koje je moguće „otvarati“ u softverima drugih tvrtki, odnosno u drugim računalnim programima. U tim zapisima uobičajeno nisu sadržani i podaci vezani uz sam proces modeliranja. Primjer je format zapisa STEP, koji je zapravo standard. ISO10303 – STEP (Standard for the Exchange of Product model data).
Za napomenuti je da 3DS uz svoj izlazni format zapisa, imaju i definirane moguće ulazne formate. Tako je npr. u PTC/CREO moguće otvoriti izvorni Catia model.
Postoje i specijalizirane aplikacije koje „pretvaraju“ model iz jednog u drugi format, čime se postiže mogućnost obrade modela u bilo kojem 3DS, neovisno o izvornom 3DS.

Općenito, 3DS imaju više različitih mogućih radnih modula. Formati zapisa istog objekta, ovisno o korištenom modulu softvera, označavaju se u pravilu različitim nastavcima nakon imena datoteke.
U postupku računalom potpomognutog kreiranja izradaka, u pravilu se prvo koristi osnovni modul za 3D modeliranje dijelova. Tako kreirani prostorni model spremi se kao datoteka digitalnog zapisa 3DM.
Potom se ta datoteka može povezivati sa drugim modulima aplikacije, te se na temelju nje kreiraju različiti objekti.

Najčešći je primjer izrada crteža na temelju značajki 3DM. Crtež je potreban iz razloga što je još uvijek upravo crtež ulazni podatak na temelju kojeg tehnolog projektira tehnološki proces. Crtež na papiru još uvijek je temeljni dokument i na samim radnim mjestima u proizvodnji.

Potrebno je napomenuti da se za dobivanje crteža iz 3DM u 3DS koristi poseban modul, ali da to najčešće nije automatizirani postupak, nego je potreban dodatni ljudski rad pri ovoj aktivnosti, odnosno da je to dodatni trošak.
Vrlo često je ljudski rad potreban za dodavanje nekih informacija o izratku na crtež, koje nisu sadržane u postojećem zapisu 3DM.
Iako ne postoji opravdani razlog za to, 3DM gotovo nikad u potpunosti ne opisuje budući izradak.
Prvenstveno se to odnosi na nedostatak podataka koji se na crtežu upisuju u sastavnicu. Vrlo rijetko su u digitalnom zapisu modela sadržane informacije o finoći površina, tolerancijama mjera, oblika i položaja.
Gotovo nikada u zapisu 3DM nisu sadržani podaci o posebnim svojstvima izratka, kao što su npr. zahtjevi toplinske obrade ili površinske zaštite.

Navedeno nije problem 3DS, nego konstruktora koji svjesno, ili nesvjesno ne iskorištavaju sve mogućnosti 3DS, uzimajući zdravo za gotovo da će se na crtežu naknadno dodati nedostajuće informacije o izratku.
Cilj bi trebao biti potpuno automatizirana izrada crteža na temelju digitalnog zapisa 3DM. Preduvjet za to je da se već na samom 3DM izradak u potpunosti definira.

Budući se ovim radom istražuje mogućnost automatiziranog projektiranja tehnoloških procesa, istraživanje će se temeljiti na digitalnom zapisu 3DM budućeg izratka.
Obzirom na već rečeno da će se koristiti softver PTC CREO 4.0 za modeliranje dijelova, uzorak za ovo istraživanje temeljit će se na digitalnom zapisu u formatu „.prt“.
Ovaj digitalni zapis 3DM dobije se korištenjem modula tipa „PART“ za podtipove „SOLID“, budući se uzorkom žele obuhvatiti, u praksi, najčešći i najraznovrsniji strojarski dijelovi.

.btp (format digitalnog zapisa tehnoloških značajki CAD 3D modela izratka)

Cilj istraživanja je definiranje osnovnih elemenata tehnološkog procesa, pa je stoga u interesu dobivanje što većeg broja tehnološki značajnih podataka o izratku, u ovom slučaju iz 3DM.
Brojni su tehnološki značajni podaci po vrsti, tipu, kvantiteti i kvaliteti koji su sadržani u 3DM, ali u postojećim formatima zapisa nisu egzaktno vidljivi, budući da postojeći formati zapisa nisu specijalizirani za potrebe projektiranja tehnoloških procesa.
Ovo je razlog potrebe za novim formatom zapisa koji iz 3DM izdvaja točno određene podatke o izratku sa posebnim naglaskom na tehnološki značajne.
Dakle, nastoji se „dohvatiti“ set tehnološki značajnih podataka iz 3DM, pa se ovaj zapis imenuje „.btp“ čime se odmah ukazuje da se radi o podacima potrebnim za projektiranje osnovnih tehnoloških procesa (akronim **B**asic **T**ehnological **P**roces).
Ispred naziva koji se piše malim slovima je točka da se asocira na to da se radi o digitalnom formatu zapisa, a što se uobičajeno označava sufiksom uz ime datoteke.
Dakle, OTP izradak je potpuno strukturirani set tehnološko značajnih podataka 3DM. Strukturiranost zapisa je važna da bi se olakšali daljnje istraživačke aktivnosti.
Obzirom na namjenu, set podataka .btp temelji se na geometrijskim značajkama modela, prvenstveno površinama, budući su one predmet tehnološke obrade u procesu izrade. Tehnološki su značajni i posebni zahtjevi na izradak, kao npr. potrebna toplinska obrada.

.btp temelji se na podacima za koje se prije istraživanja smatralo da su tehnološki značajni, te što je još važnije i „dohvatljivi“ iz „.prt“ zapisa.
U tom smislu je izvršeno opsežno predistraživanje vezano uz mogućnost automatskog kvalificiranja i kvantificiranja potencijalno tehnološki značajnih podataka iz 3DM.

Zaključak prethodnog istraživanja glede dohvatljivosti podataka iz 3DM je da se inicijalno planira što veći broj podataka koji bi trebali biti sadržani u .btp.
Očekivane korelacije između podataka naknadno će se utvrditi i eventualno smanjiti set podataka.

Planirani tehnološki značajni podaci 3DM, koji bi kao set podataka tvorili digitalni zapis prilagođen za tehnološku klasifikaciju, te kvalitativno i kvantitativno projektiranje tehnološkog procesa mogu se svrstati u skupine podataka, od kojih svaka može imati i dodatne podskupine.
U tablici 1 prikazane su osnovne skupine i podskupine podataka.

Tablica 1 *Planirane skupine i podskupine značajki 3D modela* *[0]*

SKUPINE I PODSKUPINE ZNAČAJKI 3d MODELA			
POLJA		NAZIV SKUPINE VARIJABLI	PODSKUPINE VARIJABLI
A1	A0	CAD DATOTEKA	Baza, Nova datoteka, Spremanje
B1	B0	ULAZNI PARAMETRI - OBAVEZNI	Količina, Materijal, Slobodne mjere
C1	C0	ULAZNI PARAMETRI - ZAHTIJEVI	Toplinska obrada, Površinska zaštita
D1	D0	ULAZNI PARAMETRI - POŽELJNI	Oblik, Izmjere izratka
E1	E0	STRUKTURA	Veličina, Gabariti, Težište
F1	I0	MOMENTI INERCIJE	Glavni momenti, Kut rotacije, Inercija na KS, Inercija na težište, Matrica
J1	J0	BROJ ELEMENATA	Osnovni, Pomoćni
K1	K0	GEOMETRIJSKI ODNOSI	Referentno (bazno), Referirano
L1	M0	POVRŠINE	Rotacijske, Navojne, Ravne, Tip
N1	N0	BRIDOVI	Osnovni, Složeni, Pomoćni
O1	O0	TOČKE U ODNOSU NA TEŽIŠTE	Po osi X, Po osi Y, Po osi Z
P1	P0	KOTE	Vrsta, Preciznost
R1	R0	TOLERIRANI ELEMENTI	Geometrija, Mjera
S1	S0	ZAHTJEVNOST	Geometrija, Mjera, Maksimalna
T1	T0	STATISTIKA OSNOVNIH ELEMENATA	Površina, Brid, Kota
U1	U0	POVRŠINE U PROSTORU	
V1	V0	BRIDOVI U PROSTORU	Paralelno, Ravnina
Z1	Z0	KVANTIFICIRANE FINE POVRŠINE	

Zbog brojnosti planiranih podataka, ovdje su navedene samo osnovne skupine i podskupine podataka.
Tijekom istraživanja, obzirom na ostvarene rezultate, prvobitno planirani podaci su se mijenjali, dopunjavali.
U pravilu su se popisi planiranih podataka prvo prikazivali u MS Excel datotekama, da bi se na kraju organizirali u bazu podataka.

2.2.2 OTP usluge

Vrste obrade u strojarskoj proizvodnji definirane su standardom njemačkog instituta za standarde DIN8580, koji uz definiranje vrsta obrade definira i pojedine tehnološke postupke unutar pojedine vrste obrade.
Podjela je izvršena na 6 osnovnih vrsta obrade

- 1. PRAOBLIKOVANJE
  - STVARANJE OBLIKA
    - *postupci kojima se iz materijala proizvoljnog oblika dobivaju čvrsti oblici (lijevanje)*
- 2. PREOBLIKOVANJE
  - PROMJENA OBLIKA
    - *postupci bez promjene mase (deformiranje)*
- 3. ODVAJANJE
  - SMANJENJE VOLUMENA
    - *postupci kojima se smanjuje masa i volumen (odvajanje čestica)*
- 4. SPAJANJE
  - POVEĆANJE MASE
    - *postupci kojima se više elemenata spaja u čvrstu cjelinu (zavarivanje)*
- 5. POVRŠINSKA ZAŠTITA
  - PROMJENA IZGLEDA
    - *postupci kojima se nanosi površinski sloj (lakiranje, galvanizacija)*
- 6. TOPLINSKA OBRADA
  - PROMJENA SVOJSTAVA
    - *postupci kojima se mijenja struktura materijala (kaljenje)*

Odabir OTP usluga temelji se na standardnoj podjeli vrsta obrade, uz djelomično izmijenjen redoslijed skupina.
Iako spajanju oblika prethodi neki od tehnoloških postupaka odvajanjem čestici, pa prema tome i odvajanje prethodi spajanju, ove dvije skupine u OTP zamjenjuju redoslijed.
Da bi se zadovoljili zahtjevi točnosti izratka, vrlo često je potrebno u praksi nakon spajanja novonastali sklop dodatno obraditi nekim od postupaka odvajanja čestica, pa je to razlog da u OTP obrada odvajanjem bude iza obrade spajanjem.
Prvi korak u projektiranju tehnoloških procesa, nakon analize izratka, je izbor primarnog procesa obzirom na proizvodne količine. Izbor primarnog procesa zapravo je odabir polaznog materijala, a u praksi je to izbor između standardnih poluproizvoda i odljevaka, otkovaka, ili zavarenih sklopova. Za napomenuti je da je kvaliteta materijala zadana od konstruktora, i bez njegove suglasnosti ne bi se trebala mijenjati.
I to je jedan od razloga zašto je praktično da praoblikovanje, preoblikovanje i sastavljanje budu u redoslijedu ispred odvajanja, koje je u pravilu potrebno za bilo koji odabrani primarni proces. Ukoliko se odabire standardni poluproizvod smatra se da je primarni proces odvajanje, a ne npr. deformiranje ako se radi o npr. valjanim okruglim šipkama.

U OTP uslugama zamijenjen je i redoslijed zadnje dvije vrsta obrade. Uobičajeno je da je površinska zaštita posljednja u redoslijedu operacija, npr. nakon kaljenja može biti još i operacija bruniranja.

Uz izmjenu redoslijeda usluga u odnosu na standardnu klasifikaciju vrsta obrade u strojarskoj proizvodnji, za potrebe OTP izabrane su točno određeni tehnološki postupci unutar pojedine vrste obrade, a mogući primjer cjelovitog popisa je prikazan u tablici 2.

Tablica 2 OTP usluge – dostupne vrste obrade i njihovi dostupni tehnološki procesi [0]

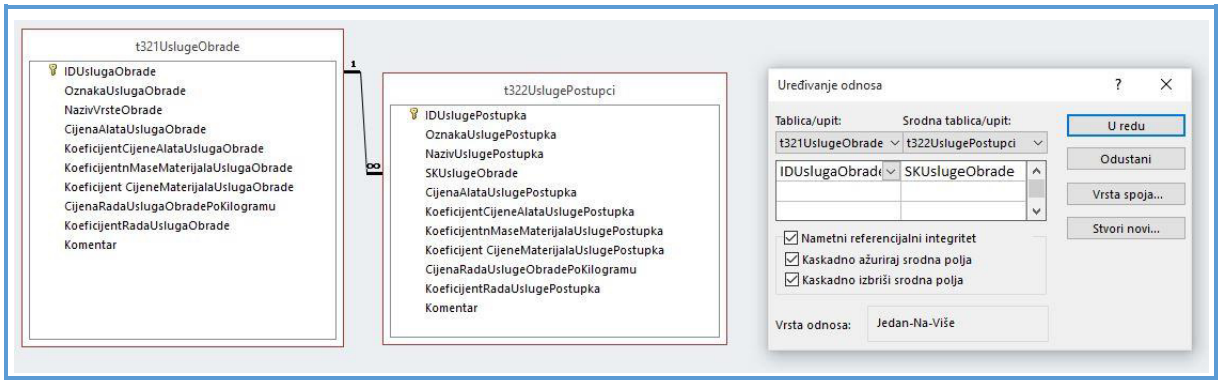
OTP KOD USLUGE		OTP USLUGA								
		VRSTA OBRADE								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		PRAOBLIKOVANJE	PREOBLIKOVANJE	SPAJANJE	ODVAJANJE	TOPLINSKA	POVRŠINSKA			OSTALO
TEHNOLOŠKI POSTUPAK	0	Bez praoblikovanja	Bez preoblikovanja	Bez spajanja	Bez odvajanja	Bez toplinske	Bez površinske			Bez ostalog
	1	PRAOBLKOVANJE	PREOBLIKOVANJE	SPAJANJE	ODVAJANJE	TOPLINSKA	POVRŠINSKA			OSTALO
	2	Lijevanje u pijesku	Kovanje	Zalijevanje	Mehaničko	Žarenje	Pjeskarenje			
	3	Kokilni lijev	Ekstudiranje	Zavarivanje	Termičko	Kaljenje	Lakiranje			
	4	Tlačni lijev	Valjanje	Lemljenje	Električno	Poboljšavanje	Vruće cinčanje			
	5	Fini lijev	Savijanje	Ljepljenje	Kemijsko	Cementiranje	Galvaniziranje			
	6	Injekcijsko brizganje	Duboko vučenje	Plastično		Nitriranje	Tvrdo kromiranje			
	7	Sinteriranje	Aditivne tehnologije	Sastavljanje		Očvršćivanje	Plastificiranje			
	8	Kombinirano	Kombinirano	Kombinirano	Kombinirano	Kombinirano	Kombinirano	Kombinirano	Kombinirano	
	9	Ostalo	Ostalo	Ostalo	Ostalo	Ostalo	Ostalo	Ostalo	Ostalo	Ostalo

Primjeri oznake:

10	BEZ PRAOBLIKOVANJA	nema potrebe za bilo kojim postupkom preoblikovanja
21	DEFORMIRANJE	općenito, bez posebno navedenog tehnološkog postupka preoblikovanja
33	ZAVARIVANJE	sastavljanje postupkom zavarivanja
68	KOMBINIRANA POVRŠINSKA ZAŠTITA	potrebno više od jednog dostupnog postupka (npr. pjeskarenje i lakiranje)
59	OSTALA TOPLINSKA OBRADA	potreban točno određeni postupak, ali koji nije naveden kao mogući izbor (npr. magnetiziranje)

Vidljivo je da postoje određena polja u tablici koja su prazna, kao i stupci bez podataka. Iako postoji mogućnost dopunjavanja polja u tablici sa tehnološkim postupcima, pa čak i dodavanje do 3 nove skupine obrade (prazni stupci), za potrebe ovog istraživanja tablice se neće nadopunjavati.

Prikazani podaci predstavljaju ograničenje OTP tvornice, obzirom na usluge koje je moguće koristiti u projektiranju tehnološkog procesa.
Podaci se unose u bazu podataka u dvije međusobno povezane tablice. Tablica vrsta obrada je hijerarhijski iznad tablice tehnoloških postupaka.
Dodatni podaci vezani uz dostupne vrste obrade i dostupne njihove tehnološke postupke u svakoj tablici su detaljno definirani, te se mogu posebno analizirati. Na slici 5 dat je prikaz iz OTPbp.



Slika 5 OTP USLUGE – tablice u OTPbp [0]

Dakle, OTP usluge su u potpunosti unaprijed definirane i neće se moći nadopunjavati od strane eventualnih korisnika OTP sustava bez suglasnosti administratora OTPbp. Naravno, daljnjim razvojem mOTP predviđa se i mogućnost istraživanja elemenata OTP sustava, pa tako i OTP usluga. To znači da je moguće, i poželjno, dodatno definiranje obrada i tehnoloških postupaka, i to ne samo za OTP usluge, nego i za OTP rad.
Detalji vezani uz OTP uslugu vidljivi su OTPbp koja je sastavni dio ovog rada.

2.2.3 OTP polazni materijal

Uobičajeno je da se pri projektiranju tehnološkog procesa kao prvi korak odabere polazni materijal iz kojeg će se proizvesti izradak. Uobičajeni nazivi za polazni materijal su još i pripremak ili sirovac.

U slučaju kada polazni materijal nije standardan poluproizvod, govori se o primarnom procesu koji je potreban za izradu proizvoda.
Primarni proces se odnosi prvenstveno na obrade praoblikovanja i preoblikovanja, dakle na odljevke, odnosno otkovke kao polazni materijal.
U slučaju odljevaka, koji se proizvode taljenjem materijala i ponovnim njegovim oblikovanjem u kalupu, može se govoriti o nestandardnim, ili posebnim polaznim materijalima.
U primarni proces mogu se ubrajati i obrade sastavljanja, najčešće zavarivanjem, dakle i zavareni sklopovi.
Zavareni sklop se sastoji od međusobno spojenih standardnih poluproizvoda, pa se i u tom slučaju OTP materijal svodi na standardne poluproizvode.
Čak se i otkivci, u najvećoj mjeri izrađuju iz nekog standardnog poluproizvoda, uglavnom iz okruglih čeličnih šipki, tako da se i u tom slučaju OTP materijal svodi na standardne poluproizvode.

Iz navedenih razloga, u mOTP se, uobičajeno, mogućnost izbora polaznog materijala ograničava na dostupne standardne poluproizvode. Tek u iznimnim situacijama, i to u detaljnijoj razradi tehnološkog procesa, izbor je moguće proširiti i izvan standardnih poluproizvoda.
U pravilu je OTP materijal neki od standardnih poluproizvoda.

Standardni poluproizvodi definirani su:

- KVALITETOM MATERIJALA
  - *Propisuje je konstruktor i tehnolog je bez njegova odobrenja ne može mijenjati*
  - *Ovisno o standardima ista kvaliteta materijala se može označavati različitim oznakama*
- OBLIKOM
  - *U pravilu se oblik poluproizvoda definira na temelju njegova poprečnog presjeka*
  - *Jednolikost poprečnog presjeka omogućuje iskazivanje mase poluproizvoda po metru*
- VRSTOM PRERADE
  - *Način na koji je poluproizvod proizveden utječe na njegova tehnička svojstva*
  - *Vrste obrade utječu na mehanička svojstva poluproizvoda (lijevanje – kovanje)*
  - *Tehnološki postupci utječe na hrapavost površine i toleranciju mjera (kovanje- vučenje)*
- STANJEM POLUPROIZVODA
  - *Moguće stanje poluproizvoda vezano je i sa vrstom prerade, ali se ono može promijeniti (poboljšati) dodatnim postupcima*
  - *Najčešće se to odnosi na promjenu strukture materijala naknadnom toplinskom obradom (žarenje – poboljšavanje)*
  - *Za čelične materijale koji su skloni hrđanju, stanje za isporuku se poboljšava nekim od antikorozivnih postupaka (galvanizacija – lakiranje)*
- DOBAVLJIVOŠĆU
  - *Iako dobavljivost nije tehničko svojstvo i ne utječe izravno na sam tehnološki postupak, ipak može značajno utjecati na cijenu koštanja, pogotovo kod maloserijske proizvodnje, pa je iz tog razloga ovo svojstvo poluproizvoda uključeno u OTP metodu*
  - *Moguć je utjecaj dobavljivosti na rok isporuke, trošak prijevoza, ...*

Za napomenuti je da se svaki oblik standardnih poluproizvoda detaljno definira kvantificiranjem njegovih karakterističnih izmjera.

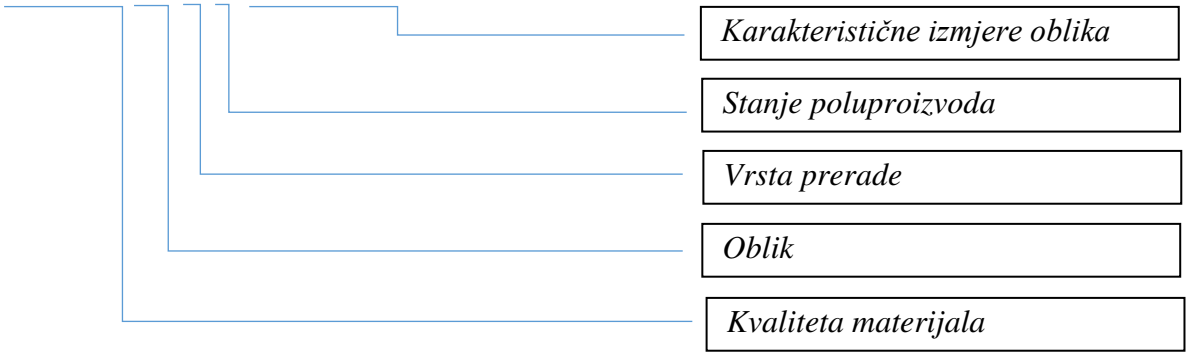
Za definiranje pločastih poluproizvoda (table, limovi) uz jednu karakterističnu izmjeru (debljina) potrebno je definirati još i dvije varijabilne izmjere (širina i duljina). Jedinična masa pločastih poluproizvoda iskazuje se u mjernoj jedinici kg/m^2.
Za gotovo sve druge oblike standardnih poluproizvoda jedinična masa se iskazuje kao dužinska masa (kg/m), budući im je zajedničko da imaju samo jednu varijabilnu izmjeru, i to duljinu).
Broj karakterističnih izmjera standardnih poluproizvoda razlikuje se od oblika do oblika, zavisno o složenosti oblika.
Najjednostavnijim oblikom se smatra, ujedno u praksi i najčešće korišteni oblik, okrugli puni profil (okrugla šipka). Za potpuno definiranje ovog oblika potrebna je samo jedna karakteristična izmjera, i to promjer šipke.
U pravilu se oblici ne definiraju sa više od 3 karakteristične izmjere. Za poluproizvode čiji oblik je potrebno definirati sa više izmjera, koristi se kombinacija trgovačkog naziva i dominantne karakteristične izmjere. Pri tome su ostale izmjere vezane uz karakterističnu izmjeru, odnosno se mogu detaljno vidjeti u standardu oblika, ali nisu sastavni dio trgovačke oznake poluproizvoda.
Primjer su I nosači, koji se definiraju samo jednom karakterističnom izmjerom (u pravilu vezanom sa visinom profila, iako ne uvijek) u kombinaciji sa trgovačkim nazivom profila (INP 10; IPE 100; HEA 100; HEM 100; HEB 100).

OTP materijal je hijerarhijski podijeljen na 9 osnovnih skupina, koja može sadržavati po 9 podskupina svaka, a članovi podskupine se dijele po karakterističnim izmjerama.
Kada se tome doda da isti oblik iste karakteristične izmjere može biti u različitim kvalitetama materijala, pa još i različite vrste prerade i stanja, sve skupa rezultira brojnošću OTP materijala. Naravno, ne kombiniraju se sva svojstva sa svima, pa je ipak broj standardnih poluproizvoda moguće upisati u bazu podataka, što je u OTPbp učinjeno.

OTP materijal je OTPbp strukturiran hijerarhijski, što znači da postoji 5 tablica vezanih uz kvalitetu materijala, 4 tablice vezane uz oblik profila, te po jedna za preostala tri svojstva OTP materijala. Dakle, u OTP bazi podataka postoji ukupno 12 tablica za OTP materijal.
Podaci u tablicama su djelomično već upisani (popunjene tablice), ali je ostavljena mogućnost i nadopune podataka nakon ovog istraživanja.

Poluproizvod, kao OTP materijal, definira se slijedećom oznakom:

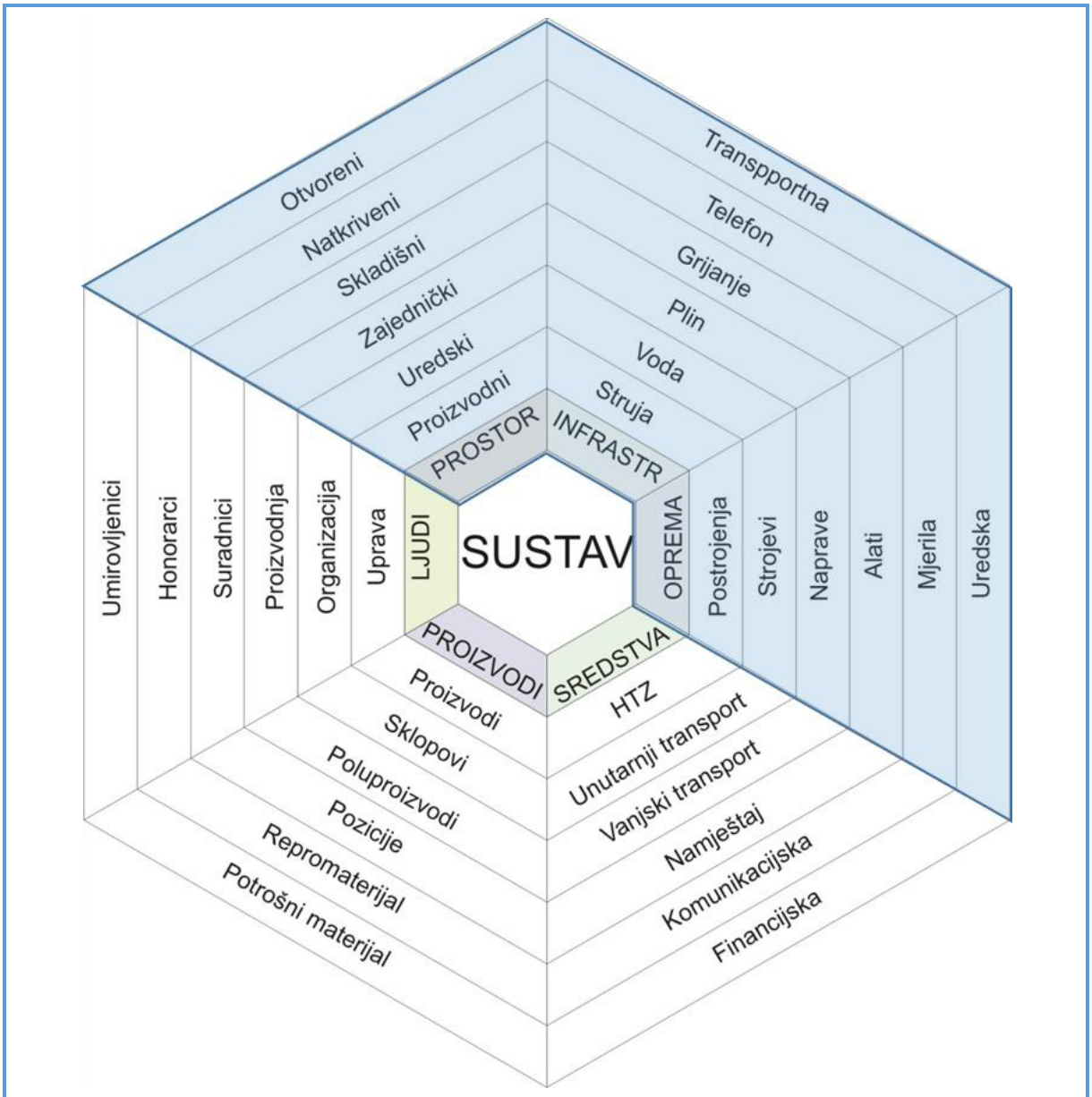
KKKKK-OO-P-S/K1xK2xK3



Detalji vezani uz OTP materijal vidljivi su OTPbp koja je sastavni dio ovog rada.

2.2.4 OTP rad

U OTP se rad definira postupcima i operacijama. Dodatno se rad može definirati i sa podacima o radnom mjestu za svaku pojedinu tehnološku operaciju. Uglavnom se u OTP rad svrstavaju tehnološki postupci obrade odvajanjem čestica[11], te djelomično i zajednički postupci obrade deformiranja i zavarivanja.
Predodređeno je devet osnovnih skupina radnih postupaka, od kojih se svaka može dodatno podijeliti na još po devet tehnoloških operacija, a svakoj predodređenoj tehnološkoj operaciji moguće je dodijeliti i do devet mogućih radnih mjesta.
Radna mjesta definirana su prvenstveno strojem na kojem se izvršavaju tehnološke operacije. Na slici 6 prikazana je moguća organizacijska podjela sustava na njegove osnovne elemente, sa naglaskom na radno mjesto kao osnovnu tehnološku jedinicu.



Radno mjesto obuhvaća prostor, infrastrukturu i opremu, a u pravilu se imenuje po stroju

Slika 6 *Radno mjesto* *[0][12]*

[11] U daljnjem tekstu: obrada odvajanjem čestica - OOČ

[12] Izvor: Dražen Antolić: Podloge za vježbe iz kolegija „Projektiranje tehnoloških procesa“ (FSB – Zagreb)

Poznate su mogućnosti (ograničenja) svakog radnog mjesta, glede tehnoloških operacija, točnosti mjera, finoće obrade, gabarita i mase izradaka.
Obzirom da se sa mOTP želi procijeniti cijena koštanja izratka, za svaki od odabranih radnih postupaka, tehnoloških operacija, ili radno mjesto, potrebno je definirati i podatke koji utječu na utrošak i trošak rada.
Utrošak se definira potrebnim vremenom za izvršenje rada. Moguće je kvantificirati različite komponente vremena rada, a najčešće se koriste dvije osnovne i to: pripremno završno vrijeme i vrijeme rada.

Troškovi rada se izračunavaju umnoškom utrošenog vremena rada i cijenom rada po jedinici vremena. U praksi je uobičajeno jedinstvena cijena sata rada u kojoj su sadržani svi troškovi radnog mjesta, uključujući i plaće zaposlenih radnika. U posebnim slučajevima moguće je i posebno definirati cijenu sata radnog mjesta za vrijeme pripremnih i završnih aktivnosti, i cijenu sata radnog mjesta za vrijeme radnih aktivnosti.
U pravilu je cijena sata pripreme radnog mjesta manja od cijene sata kada se na stroju vrši obrada izratka. Za vrijeme pripreme ne troše se rezni alati, sredstva za hlađenje, a i manja je potrošnja energije, a što je u pravilu sve sadržano u cijeni sata rada.

Što se detaljnije razrađuje radno mjesto to su i potrebni podaci precizniji, pa je za očekivati i točnija procjena cijene koštanja izratka.
U tablici 3 prikazani su podaci za hijerarhijski najvišu razinu rada – radne postupke, kako su definirani u OTPbp, za potrebe ovog istraživanja.

Tablica 3 *Radni postupci* *[0]*

f41_RadPostupci

ID	Oznaka	Naziv	Točnost mm	Finoća Ra	Masa kg	Cijena alata Kn/alatu	CtP Kn/h	CtR Kn/h	tP min	tR min	Operacija broj	Radnika broj	Veza	Prilog	Otvori
1	1	ODREZIVANJE	2,000	25,00	1.500,0	50	50	100	10,0		1	1,0			
2	2	BRAVARIJA	2,000	50,00	5.000,0	500	50	150	15,0		2	2,0			
3	3	POSEBNO	0,200	3,20	100,0	50	100	200	60,0		1	1,0			
4	4	TOKARENJE	0,050	1,60	500,0	100	100	200	120,0		2	1,0			
5	5	BUŠENJE	0,200	6,30	100,0	100	100	150	90,0		1	1,0			
6	6	GLODANJE	0,100	3,20	1.000,0	300	150	250	180,0		2	1,0			
7	7	FINO	0,005	0,40	150,0	100	100	200	60,0		1	1,0			
8	8	DODATNO	0,003	0,20	1.000,0	200	100	150	90,0		1	1,0			
9	9	ZAVRŠNO			50,0	250	50	100	25,0		1	1,0			

Zapis: 2 od 9 Nema filtra Pretraži

Vidljivo je da je stupac t_R (min) prazan. Vrijeme izrade prvenstveno ovisi o samom izratku, pa ga nije moguće ni predodrediti. Ovo polje je predviđeno u tablici u OTPbp jer bi za grublje procjene cijene koštanja bilo moguće koristiti neko prosječno utvrđeno vrijeme izrade na radnom mjestu. Moguće je dakle, da se i ovo polje u tablici predodredi na temelju stvarnog uzorka vezanog uz prvenstveno radno mjesto (stroj).

Predodređeni radni postupci vjerojatno se neće značajnije mijenjati u budućim istraživanjima, ali će tehnološke operacije unutar svakog radnog postupka vrlo vjerojatno u budućim istraživanjima doživjeti promjene, a sasvim sigurno će se njihovi pojedini elementi detaljnije kvantificirati.
Detalji vezani uz OTP tehnološke operacije i radna mjesta nisu u ovom tekstu posebno prikazani, ali su vidljivi u OTPbp koja je sastavni dio ovog rada.

2.2.5 OTP uzorak

Svrha istraživanja je utvrđivanje međusobne zavisnosti nezavisnih i zavisnih varijabli vezanih uz objekt koji se istražuje, u ovom slučaju izratka i izrade.
Da bi se istraživanje moglo provesti potrebno je formirati skup podataka u kojem su sadržane i zavisne i nezavisne varijable vezane uz istraživanje. Taj skup podataka naziva se uzorak.
U ovom istraživanju nezavisne varijable su podaci o 3DM, a zavisne varijable su kod izratka i kod izrade.
U samom uzorku i kôd izratka i kôd izrade vezani su isključivo uz značajke 3DM, ali je moguće istraživati i povezanost koda izratka kao, u tom slučaju, uvjetno nezavisne varijable i koda izrade kao nezavisne varijable.

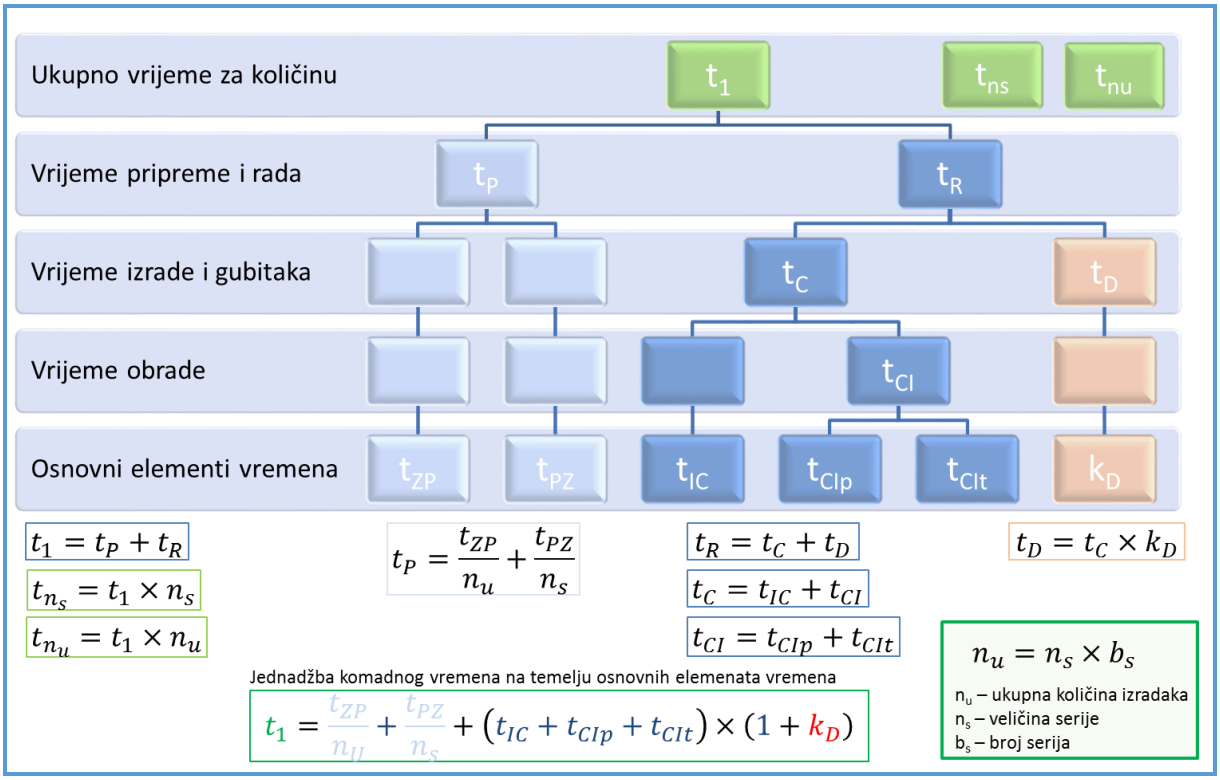
Nezavisne varijable se kvantificiraju na identičan način kako će se to raditi i u kasnijoj primjeni OTP metode u praksi. Dakle, uz pomoć računalnog softvera za „dohvat„ značajki 3DM dobit će se izravno iz 3DM njihov standardizirani zapis u OTPbp.

Zavisne varijable se za svaki element uzorka upisuju ručno, i to na temelju prosudbe tehnologa. U ovom istraživanju je to na temelju prosudbe autora ovog rada.
Zavisne varijable mogu se korištenjem posebne aplikacije ugraditi kao parametri u 3DM i zajedno sa nezavisnim varijablama upisati u OTPbp, a moguće ih je upisati i kasnije izravno u OTPbp za svaki izradak posebno.
Način kreiranja zavisnih varijabli u uzorku ne utječe na rezultate istraživanja, a na istraživaču je da odabere kriterij optimalnosti. Vodeći računa prvenstveno o točnosti zapisa, ali i o brzini zapisa, autor ovog rada odlučio se na korištenje dodatne aplikacije za kreiranje nezavisnih varijabli u uzorku.
Odabran način ne isključuje mogućnost izravnog upisa u OTPbp, bilo iz razloga dopune zapisa, ili čak i izmjene podataka u odnosu na izvorni „.btp“.
U svakom slučaju uzorak za istraživanje čine podaci zapisani u OTP bazi podataka u točno određenim tablicama ili upitima.

Obzirom na obuhvat i detaljnost istraživanja mogući su različiti skupovi podataka. Oni se prvenstveno razlikuju u obuhvatnosti nezavisnih varijabli. Moguće je npr. napraviti istraživanje kojim se utvrđuje samo jedan podatak, npr. cijena koštanja izratka, ili ukupno vrijeme izrade.
Ukoliko se želi istražiti struktura cijene koštanja uz obuhvat većeg broja nezavisnih varijabli, bit će potrebni i dodatni detaljniji podaci o tim istim nezavisnim varijablama. Npr. za obuhvaćeno radno mjesto uz vrijeme izrade i cijenu sata rada kao osnovne podatke, bilo bi potrebno posebno razlučiti vrijeme pripreme od vremena rada. Za još detaljnije istraživanje moguće je u uzorak kao zavisne varijable dodati i vrijeme obrade, pa čak i osnovne elemente vremena.

Vrijeme, kao osnovno organizacijsko mjerilo, ali i kao jedan od značajnijih utrošaka u proizvodnom procesu, svakako treba biti zastupljeno u OTP uzorku kao jedna od zavisnih varijabli.
Budući je vrijeme u strojarskoj proizvodnji moguće iskazati na više načina, vezano uz aktivnost na koju se odnosi, ali i u odnosu na količinu proizvoda na koju se odnosi, u praksi se nailazi na različito označavanje pojedinih komponenti vremena. [32-34]

Da bi se jednoznačno odredilo na što se iskazano vrijeme odnosi, u mOTP je razvijen cjeloviti sustav označavanja vremena. Na slijedeće dvije slike (slika 8 i slika 9) dat je samo skupni pregled mogućih elemenata vremena u OTP.



Slika 7 Struktura vremena [0][13]

R. br.	Oznaka	Naziv vremena	Način kvantificiranja - jednadžba	Jedinica mjere
1	t_{nu}	VRIJEME ZA UKUPNU KOLIČINU	$t_{nu} = t_1 \times n_U/60$	h/n_u
2	t_{ns}	VRIJEME ZA SERIJU	$t_{ns} = t_1 \times n_S/60$	h/n_s
3	t_1	KOMADNO VRIJEME	$t_1 = t_P + t_R$	min/kom
4	t_P	VRIJEME PRIPREME	$t_P = \frac{t_{ZP}}{n_U} + \frac{t_{PZ}}{n_S}$	min/kom
5	t_R	VRIJEME RADA	$t_R = t_C + t_D$	min/kom
6	t_C	VRIJEME IZRADE	$t_C = t_{IC} + t_{CI}$	min/kom
7	t_D	DODATNO VRIJEME	$t_D = t_C \times k_D$	min/kom
8	t_{CI}	VRIJEME OBRADE	$t_{CI} = t_{CIp} + t_{CIt}$	min/kom
9	t_{ZP}	ZAJEDNIČKO-PROJEKTNO VRIJEME	Određuje se zavisno o složenosti zratka	min
10	t_{PZ}	PRIPREMNO-ZAVRŠNO VRIJEME	Određuje se zavisno o obradnom sustavu	min
11	t_{IC}	POMOĆNO VRIJEME (RUČNO)	Trajanje svih aktivnosti između ciklusa operacije	min/kom
12	t_{CIp}	POMOĆNO TEHNOLOŠKO VRIJEME	Trajanje svih ne tehnoloških faza rada u ciklusu	min/kom
13	t_{CIt}	TEHNOLOŠKO VRIJEME	Suma svih tehnoloških faza rada u ciklusu	min/kom
14	k_D	KOEFICIJENT DODATNOG VREMENA	Utvrđuje se na temelju stanja proizvodnog sustava	%

Slika 8 Elementi vremena [0][14]

U mOTP se neće istraživati svaki element vremena, nego će se daljnjim razvojem buduća istraživanja usmjeriti na jednadžbe za procjenu ukupnog komadnog vremena t_1.

[13] Izvor: Dražen Antolić: Podloge za vježbe iz kolegija „Projektiranje tehnoloških procesa“ (FSB – Zagreb)
[14] Izvor: Dražen Antolić: Podloge za vježbe iz kolegija „Projektiranje tehnoloških procesa“ (FSB – Zagreb)

Tehnološko kodiranje izradaka u mOTP se vrši isključivo na temelju značajki 3DM, a kodna mjesta se uvijek odnose na ista tehnološka svojstva izratka.
Iz tog razloga se sa stajališta kodiranja izradaka može govoriti o jedinstvenom, općem uzorku. Dovoljan je jedan reprezentativan uzorak na temelju kojeg se izradak može jednoznačno tehnološki kodirati.
Jednom definiran kod izratka je nepromjenjiv za taj izradak, i vrijedi uvijek i u svim uvjetima. Za napomenuti je samo da se posljednja (četrnaesta) znamenka koda za isti izradak može mijenjati, ovisno o veličini serije.

Obzirom na kodiranje izrade, gdje se kodna mjesta ne odnose uvijek na istu veličinu, što ovisi o detaljnosti tehnološkog procesa koja se želi ostvariti mOTP, mogući su različiti kodni brojevi za isti 3DM.
Naime, u kodni sustav izrade mogu biti uključene različite zavisne varijable, odnosno se za isto kodno mjesto u kodu izrade može odnositi na hijerarhijski različita svojstva tehnološkog procesa. Npr. može se definirati potreba za vrstom obrade, ali i detaljnije tehnološki postupak unutar te vrste obrade. Da bi se to moglo istražiti potrebno je u imati uzorak odgovarajuće detaljnosti.
Obzirom na detaljnost tehnološkog procesa može se govoriti o tri skupne potrebnih uzoraka:

- OSNOVNI UZORAK
  - ISTI UZORAK KOJI JE KORIŠTEN ZA KODIRANJE IZRADAKA
    - *Obuhvaća sve podatke o 3DM*
    - *Obuhvaća cjeloviti kod izratka*
    - *Obuhvaća samo osnovni kod izrade (osnovne podatke o tehnološkom postupku)*
    - *Ovim uzorkom definiraju se kao zavisne varijable samo potrebe za pojedinim vrstama obrade i postupaka rada, bez ulaženja u detalje*
- STANDARDNI UZORAK
  - RADI SE O OSNOVNOM UZORKU SA DODATNIM PODACIMA VEZANIM UZ IZRADU
    - *U odnosu na osnovni uzorak obuhvaća i dodatne podatke o tehnološkom procesu*
    - *Ovim uzorkom definiraju se za svaku potrebnu vrstu obrade i radni postupak točno određeni tehnološki postupci i radne operacije, kao zavisne varijable*
- POSEBNI UZORAK
  - RADI SE O PODSKUPU STANDARDNOG UZORKA SA DETALJNIJIM PODACIMA O IZRADI
    - *U odnosu na standardni uzorak obuhvaća samo jedan njegov dio, i to onaj koji zadovoljava posebno postavljene kriterije (samo odabrani tipovi izradaka)*
    - *Posebni kriteriji u pravilu se definiraju na temelju specifičnosti tvrtke za koju se vrši istraživanje*
    - *Ovim uzorkom definiraju se i radna mjesta za svaku radnu operaciju, a za sve odabrane tehnološke postupke i radna mjesta definiraju se kao zavisne varijable i specifični podaci*
    - *U specifične podatke mogu se ubrojiti cijene sata rada, prosječno vrijeme pripreme, potreban broj stezanja (operacija u redoslijedu operacija) i slično*

Osnovni cilj ovog istraživanja moguće je ostvariti na temelju osnovnog uzorka, a pri oblikovanju baze podataka vodi se računa da se u fiksne podatke o OTP sustavu ugrade i podaci koji gotovo automatski osnovni uzorak pretvaraju u standardni.

Detalji vezani uz OTP uzorak vidljivi su u OTPbp koja je sastavni dio ovog rada.

2.2.6 OTP sustav kodiranja izratka

Kodni sustav kao jedan od 8 osnovnih elemenata OTP sustava, odnosi se na svrstavanje izradaka u tehnološki slične skupine.
Obzirom na moguće tehnološke značajke, OTP kodni sustav obuhvaća 14 elemenata, od kojih se njih 12 mogu dodatno svrstati u 3 skupine podataka, koje opisuju zajedničke značajke vezane uz oblik, gabarite i zahtjevnost izratka:

- VRSTA K1

- OBLIK
  - VANJSKI K2
  - UNUTARNJI K3
  - UZDUŽNI (RADIJALNI) K4
  - POPREČNI (AKSIJALNI) K5
- PROSTORNOST
  - VELIČINA K6
  - VOLUMINOZNOST K7
  - VITKOST K8
  - SLOŽENOST K9
- ZAHTJEVNOST
  - MATERIJAL K10
  - TOPLINSKA OBRADA K11
  - POVRŠINSKA ZAŠTITA K12
  - PRECIZNOST K13

- KOLIČINA K14

Planirana je univerzalna primjena mOTP, neovisno o vrsti proizvoda kao objektu za koji se koristi, pa je u sustav kodiranja izratka uključen i kod koji se odnosi na vrstu proizvoda.
Za napomenuti je da bi se vrsta proizvoda mogla definirati već i na temelju tipa alata 3DS kojim je proizvod modeliran. Dijelovi se modeliraju alatom tipa „PART“, dok bi se sklopovi (npr. zavareni) modelirali alatom tipa „ASSEMBLY“, ili npr. limeni dijelovi alatom tipa „PART“ podtipa „SHEETMETAL“.
Iako se ovo istraživanje odnosi na izratke koji se izrađuju po crtežu, klasične strojarske proizvode, dakle uvijek za istu vrstu izradaka, zbog cjelovitosti i daljnjeg razvoja metode vrsta proizvoda ostaje i u kodnom sustavu ovog istraživanja. I to kao prva znamenka koda. Za ovo istraživanje kod vrste proizvoda je gotovo konstantan, i kvantificiran je najčešće brojem 4.

Iako količina, odnosno veličina serije, ne utječe na sama svojstva izratka, može značajno utjecati na izbor tehnološkog postupka (primarni proces), pa je uključena i u OTP kodni sustav izratka. Na neki način se radi o „dodatnom“ kodu, pa je i smješten na začelje, kao zadnja znamenka kodnog broja izratka.

Zbog preglednosti kod se zapisuje po skupinama odvojenim crticom (1-4-4-4-1):

K1–K2K3K4K5-K6K7K8K9-K10K11K12K13-K14

(4-1001-3454-4007-1)

Da bi se kodiranje izradaka moglo ispravno provesti, sustav kodiranja mora dovoljno jednoznačno definirati svako kodno mjesto (vezano uz određenu značajku 3DM).
Zadovoljenje ovog uvjeta očituje se mogućnošću da prosječni tehnolog, na temelju definicije kodnih mjesta, može ispravno kvantificirati (brojem od 0 do 9) svaku od 14 kodnih značajki OTP koda izratka.
Iz tog razloga pojedini elementi kodnog sustava su detaljno definirani.
Uz obaveznu oznaku i naziv svakog kodnog elementa, ovisno o objektu na koji se kod odnosi, definirani su i posebni podaci koji opisuju promatrani objekt. Ovi podaci mogu biti iskazani opisno, grafički i brojčano.

U pravilu se pojedina kodna mjesta definiraju na temelju više značajki 3DM, odnosno na temelju više nezavisnih varijabli. Pri tome je značajan i utjecaj njihovih međusobnih odnosa, tako da je potrebno definirati i jedan ili više uvjeta koji trebaju biti ispunjeni da bi se kodno mjesto moglo kvantificirati.
Posebno je potrebno voditi računa o tome da se definicija svakog kodnog mjesta temelji na podacima koje je moguće „dohvatiti“ iz 3DM. Ukoliko to ne bi bio slučaj, ne bi bilo moguće automatizirati sustav kodiranja izradaka.
To je i razlog iterativnosti postupka definiranja kodnih mjesta tijekom istraživanja.

Moguće je odabrati različite kodne elementa i uvjete njihove kvantifikacije, a korišteni kodni sustav za ovo istraživanje sastavni je dio OTPbp.
U ovom tekstu se neće posebno opisivati svako pojedino kodno mjesto, element kodnog sustava, nego će se za svako kodno mjesto prikazati samo zajednički obrazac iz OTPbp na temelju kojeg su definirani uvjeti izbora pripadajućeg kodnog broja. U slijedećih 14 tablica (tablica 4 do tablica 17) prikazani su podaci za svako mjesto OTPk.

Tablica 4 *OTP kod izratka: K1 - vrste izradaka* *[0]*

otp: K1 - VRSTA PROIZVODA ID	Oznaka	Naziv	Osobina vrste proizvoda	Primjeri izradaka	Komentar	Grafika	Prilozi Veza	Otvori
1	1	STANDARDNA KUPOVNA ROBA	Standardni kupovno dobavljivi proizvodi	vijci, matice, ležajevi, ...	Mogu biti samo za ugradnju u složeni proizvod			
2	2	STANDARDNI POLUPROIZVODI	standardni poluproizvodi dobavljivi kod trgovaca	šipke, ploče, cijevi, profili...	Poluproizvodi koji su često dostupni na skladištu trgovaca			
3	3	POSEBNI POLUPROIZVODI	nestandardni poluproizvodi dobavljivi od proizvođača	Posebne cijevi, odljevci, otkovci, ...	Standardni, ali rijetko dobavljivi poluproizvodi, ili			
4	4	DIO	Dijelovi koji se izrađuju po svom vlastitom 2D crtežu, ili CAD 3D modelu	Razni strojni dijelovi, osovine, zupčanici, kućišta, ili pozicije sklopova (rebro, nosač,...)	Može biti i familija dijelova, ili više dijelova na istom			
5	5	NERASTAVLJIVI SKLOP	Uglavnom zavareni sklopovi	Konzole, kućišta,...	Proizvodi koji se sastoje od više pozicija			
6	6	RASTAVLJIVI SKLOP	Više dijelova ili sklopova povezanih u rastavljivu cjelinu	Kutija sa poklopcem,	Pozicije ili sklopovi povezani standardnom kupovnom robom			
7	7	KONSTRUKCIJA	Više dijelova i sklopova nerastavljivih ili rastavljivih	Čelične nosive konstrukcije (hale), elementi interijera	Uglavno izradci većih dimenzija, bravarski proizvodi			
8	8	MEHANIZAM	Više dijelova ili sklopova, od kojih neki mogu biti pokretni	Uređaji, specijalne naprave ili alati, podizne naprave,...	Vrlo složeni izratci koji dinamički obavljaju neku funkciju			
9	9	OSTALO			Proizvodi koji se ne mogu svrstati ni u jednu od navedenih			

OTP - uglavnom za 4-DIO (pozicije po crtežima), a iznimno i za 5-NERASTAVLJIVI SKLOP (zavareni sklopovi). Primarni proces definira hoće li vrsta biti 4 ili 5.

Tablica 5 OTP kod izratka: K2 - osnovni oblik [0]

otp: K2 - VANJSKI OBLIK IZRATKA ID	Oznaka	Naziv	Osobina	Komentar	Grafika	OTP L R	D B	P P	L T	D OK	OC B	S PC G	O PR F	T PP D	P OS Z	Prilozi Veza	Otvori
1	1	PLOČASTI	Ako je oblik nepravilan, a duljina 3DM po osi X nije veća od 140 mm	ravne plohe nepravilnih bridova (nepravilni 2D) rebra; podloge; ...		☑ ☑	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
2	2	ROTACIJSKI	Ako je maksimalni presjek u ravnini YZ okruglog oblika (DVmax>0),	uzdužno: rotacijske plohe, poprečno: ravne okrugle plohe, osovine, vratila, remenice		☑ ☐	☑ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☑	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
3	3	ŠESTEROKUTNI	Ukoliko je maksimalni presjek šesterokutni (OKVmax>0), uz uvjet da nije kombinirani	Uzdužni šesterokut, uobičajeno standardni OK, razni spojni elementi		☐ ☐	☐ ☑	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☑	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
4	4	PRIZMATIČNI	Ukoliko je maksimalni presjek pravokutnog oblika (a>0), uz uvjet da nije kombinirani	uzdužno i poprečno ravne plohe pravilnih bridova graničnici; klinovi;kučišta		☑ ☑	☐ ☐	☑ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
5	5	KOMBINIRANI	Ukoliko je maksimalni pesjek pravokutnog oblika (aVmax>0), a postoji barem jedan okrugli	uzdužno I rotacijske i uzdužno ravne i rotacijske plohe, prizmatični presjek veći od		☑ ☑	☐ ☐	☑ ☐	☐ ☐	☐ ☑	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
6	6	PROFILNI	Ukoliko je maksimalni presjek oblika nekog od standardnih profila	jednoliki uzdužni presjek (otvoreni) Standardni profili L; U; Z; T; Nosači INP; IPEM HEA		☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☑	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
7	7	PROSTORNI	Ukoliko je odnos volumena 3DM i "PAKIRANJA" izraženo mali, ako je duljina veća od 140	tijela u dvije ili više osi (okomiti) s velikim praznim prostorima međunosači motora;		☑ ☑	☐ ☐	☑ ☐	☑ ☐	☑ ☐	☑ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
8	8	LIMENI	nije predmet ovog istraživanja. Bio bi 3DM modeliran u modu za limove "Sheetmetal"	prostorni oblik jednolike debljine stjenke kutije; posude,poklopci, ...		☑ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
9	9	OSTALI	ukoliko nije određena ni jedna druga vrsta osnovnog vanjskog oblika	ostali posebno ne definirani oblici		☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		

Tablica 6 OTP kod izratka: K3 - unutarnji oblik [0]

otp: K3 - UNUTARNJI OBLIK IZRATKA ID	Oznaka	Naziv	Osobina	Grafika	OTP L R	D B	P P	L T	D OK	OC B	S PC G	O PR F	T PP D	P OS Z	Prilozi Veza	Otvori
1	0	PUNI - BEZ UNUTARNJIH ZNAČAJKI	Bez uzdužnih rupa ili otvora čije središte je u osi X Osovine, vratila, diskovi		☑ ☑	☑ ☐	☑ ☐	☑ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☑ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
2	1	PROLAZNI OTVOR	Prizmatični (kvadratni ili pravokutni) uzdužni prolazni otvor sa središtem u osi X Kvadratne i pravokutne cijevi		☑ ☑	☑ ☐	☑ ☐	☑ ☐	☑ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
3	2	PROLAZNA RUPA	Okrugla prolazna rupa sa središtem u osi X, jednoliki unutarnji presjek		☑ ☑	☑ ☐	☑ ☐	☑ ☐	☑ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☑	☐ ☐	☐ ☐		
4	3	PROLAZNE RUPE	Više rupa različitog promjera, ali sve sa središtem u osi X, nejednoliki unutarnji presjek		☑ ☑	☑ ☐	☑ ☐	☑ ☐	☑ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
5	4	PROLAZNI UTOR	Okrugla prolazna rupa, ili rupe,sa jednim ili dva uzdužna utora (u pravilu za klin)		☑ ☑	☑ ☐	☑ ☐	☑ ☐	☑ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
6	5	PROLAZNI PROFIL	U pravilu ožljebljenje (unutrašnje ozubljenje)		☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
7	6	SLIJEPA RUPA	Kao oznaka 2, ali rupe ali u barem jednom presjeku uzduž izratka nema unutrašnje rupe		☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
8	7	SLIJEPE RUPE	Kao oznaka 3, ali u barem jednom presjeku uzduž izratka nema unutrašnje rupe		☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		
9	8	SLIJEPI UTOR	Kao oznaka 4, ali u barem jednom presjeku uzduž izratka nema unutrašnje rupe		☐ ☐	☐ ☐	☑ ☑	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		

Tablica 7 OTP kod izratka: K4 - uzdužni oblik [0]

otp: K4 - UZDUŽNI OBLIK IZRATKA ID	Oznaka	Naziv	VOU	VOB	UOU	Kod uzdužnog oblika	Komentar	Grafika	OTP L R	D B	P P	L OK T	D OC B	S PC G	O PR F	T PP D	P OS Z	Prilozi Veza	Otvori
1	0	JEDNOLIKI	0	0	0	000	Bez uzdužnih značajki, uglavnom standardni poluproizvodi Jednoliki vanjski i unutranji oblik		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
2	1	VANJSKI	1	0	0	100	Vanjski poprečni presjek se mijenja stupnjevito uzduž osi X		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
3	2	BOČNI	0	1	0	010	Bočne značajke, rupe ili prorezi ili urezi na vanjskim plohama		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
4	3	UNUTARNJI	0	0	1	001	Unutarnji poprečni presjek se mijenja stupnjevito uzduž osi X		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
5	4	VANJSKI I BOČNI	1	1	0	110	Vanjski poprečni presjek se mijenja stupnjevito uzduž osi X, a plohe su sa rupama, prorezima ili urezima		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
6	5	VANJSKI I UNUTARNJI	1	0	1	101	Vanjski i unutarnji poprečni presjek se mijenja stupnjevito uzduž osi X. Nema bočnih značajki.		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
7	6	BOČNI I UNUTARNJI	0	1	1	011	Unutarnji poprečni presjek se mijenja stupnjevito uzduž osi X, a vanjska ploha je sa rupama, prorezima ili urezima		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
8	7	SVE TRI ZNAČAJKE	1	1	1	111			☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
9	8	SAVIJENI	2	2	2	222	Poprečni presjek je uobičajeno jednolik, ali savije u odnosu na os X		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		

Tablica 8 OTP kod izratka: K5 - poprečni oblik [0]

otp: K5 - POPREČNI OBLIK IZRATKA ID	Oznaka	Naziv	Rupa	Utor	Profil	Kod uzdužnog oblika	Osobina	Komentar	Grafika	Postupci	Prilozi Veza	Otvori
1	0	BEZ POPREČNIH ZNAČAJKI	0	0	0	000	Nema aksijalnih značajki	Odnosi se na značajke čiji centar nije u osi X. Središnja rupa se definira kao K3				
2	1	PROLAZNE	1	1	0	110	Postoje aksijalne značajke i sve su prolazne	Najčešće prolazne rupe koje se obrađuju bušenjem, ali i rezanjem mlazom		Bušenje, mlaz, ...		
3	2	SLIJEPE	1	1	1	111	Postoje aksijalne značajke, ali nisu prolazne. Završavaju na nekoj dubini 3DM	Slijepe rupe ili urezi. Ovo se ne može obraditi rezanjem mlazom, ili žicom		Glodanje, elektroda		
4	3	PROLAZNE I SLIJEPE	1	1	0	110	Postoje i prolazne i neprolazne akisjalne značajke	Vrlo često postoje i unutarnje navojne površine kod ovih oblika		Bušenje, glodanje		
5	4	RUPE	1	1	0	110	Rupe, svejedno jesu li prolazne ili slijepe					
6	5	PROREZI	0	0	1	001	Prolazni neokrugli otvori					
7	6	UREZI	0	0	1	011	Ne prolazni (slijepi) neokrugli otvori					
8	7	RUPE I PROREZI	1	1	1	111						
9	8	RUPE I UREZI	2	2	2	222						
10	9	PROREZI I UREZI	3	3	3	333						

Tablica 9 OTP kod izratka: K6 - veličina [0]

otp: K6 - VELIČINA IZRATKA

ID	Oznaka	Naziv		UVJET 1 (min)	UVJET 1 (max)	ILI	UVJET 2 (min)	UVJET 2 (max)	ILI	UVJET 3 (min)	UVJET 3 (max)	Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	1	SITNO	K	0	3							If K1 between 0;3 and L between 0;6 then K6=1			
			L	0	6										
2	2	JAKO MALO	K	3	6		0	3				If K1 between 3;6 and L between 0;30 or If K1 between 0;3 and L			
			L	0	30		6	120							
3	3	VRLO MALO	K	6	30		3	6		0	3				
			L	0	120		30	120		120					
4	4	MALO	K	30	120		6	30		3	6				
			L	0	400		120	400		400					
5	5	SREDNJE	K	120	400		30	120		6	30				
			L	0	1.000		400	1.000		400					
6	6	VELIKO	K	400	1.000		120	400		30	120				
			L	0	2.000		1.000	2.000		1.000					
7	7	JAKO VELIKO	K	1.000	2.000		400	1.000		120	400				
			L	0	4.000		2.000	4.000		2.000					
8	8	IZUZETNO VELIKO	K	2.000	4.000		1.000	2.000		400	1.000				
			L	0	8.000		4.000	8.000		4.000					
9	9	OGROMNO	K	4.000			2.000	4.000		1.000	2.000				
			L				8.000			8.000					

K- karakteristična izmjera (najmanja od tri gabaritne izmjere)
L - duljina (najveća od 3 gabaritne izmjere)
Unutara istog uvjeta je operator AND (i K i L trebaju biti unutar definiranog područja)
Između različitih uvjeta je operator OR (ili uvjet 1 ili uvjet 2 ili uvjet 3 treba biti zadovoljen)

Tablica 10 OTP kod izratka: K7 - voluminoznost [0]

otp: K7 - VOLUMINOZNOST IZRATKA

ID	Oznaka	Naziv		OPĆI KRITERIJ	PRIZMA	ILI	OKVIR	ILI	VALJAK	ILI	TULJAK	Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	1	PUNO	min	1,00	Kvantificiranje na temelju općeg kriterija							Poseban slučaj kada se radi o poluproizvodu (nema obrade)			
			max	1,00											
2	2	JAKO POPUNJENO	min	0,90	Kvantificiranje na temelju općeg kriterija										
			max	1,00											
3	3	VRLO POPUNJENO	min	0,80	Kvantificiranje na temelju općeg kriterija										
			max	0,90											
4	4	POPUNJENO	min	0,65	Kvantificiranje na temelju općeg kriterija										
			max	0,80											
5	5	SREDNJE POPUNJENO	min	0,50	Kvantificiranje na temelju općeg kriterija										
			max	0,65											
6	6	POLUPRAZNO	min	0,35	Kvantificiranje na temelju općeg kriterija										
			max	0,50											
7	7	VRLO PRAZNO	min	0,20	Kvantificiranje na temelju općeg kriterija										
			max	0,35											
8	8	JAKO PRAZNO	min	0,10	Kvantificiranje na temelju općeg kriterija										
			max	0,20											
9	9	IZUZETNO PRAZNO	min	0,00	Kvantificiranje na temelju općeg kriterija										
			max	0,10											

OPĆI KRITERIJ - zajednički kriterij za odnos volumena bilo kojeg od 4 standardna pakiranja (uvjeti mogu poprimiti cjelobrojne vrijednosti od 1 do 9)
Kvantificiranje kodnog mjesta vrši se na temelju najnepovoljnijeg uvjeta
Moguća su 4 odnosa volumena 3DM, i to dva za prizmatična pakiranja i 2 za rotacijska pakiranja.
PRIZMA ili OKVIR (prizma sa otvorom, npr. pravokutna cijev)
VALJAK ili CILINDAR (valjak sa rupom, npr. okrugla cijev)

Tablica 11 OTP kod izratka: K8 - vitkost [0]

otp: K8 - VITKOST IZRATKA

ID	Oznaka	Naziv	OPĆI KRITERIJ		GABARITI ILI	KI ILI	DULJINA ILI	Stijenka	Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	1	IZUZETNO ROBUSNO	min					500,00	Donji komentari su za postupak tokarenja			
			max	0,00	zaključivanje na temelju općeg kriterija							
2	2	JAKO ROBUSNO	min	0,00				100,00	Moguća obrada sa stezanjem samo s jedne strane			
			max	1,00	zaključivanje na temelju općeg kriterija			500,00				
3	3	VRLO ROBUSNO	min	1,00				25,00	Preporučeno stezanje sa šiljkom (konjićem)			
			max	3,00	zaključivanje na temelju općeg kriterija			100,00				
4	4	ROBUSNO	min	3,00				10,00	Potrebno stezanje sa šiljkom (konjićem)			
			max	6,00	zaključivanje na temelju općeg kriterija			25,00				
5	5	SREDNJE VITKO	min	6,00				5,00	Preporučeno stezanje među šiljcima			
			max	12,00	zaključivanje na temelju općeg kriterija			10,00				
6	6	VITKO	min	12,00				3,00	Potrebno stezanje među šiljcima			
			max	25,00	zaključivanje na temelju općeg kriterija			5,00				
7	7	VRLO VITKO	min	25,00				1,00	Preporučeno pridržavanje sa linetom (tokarsko srce) za veće promjere			
			max	50,00	zaključivanje na temelju općeg kriterija			3,00				
8	8	JAKO VITKO	min	50,00				0,50	Potrebno pridržavanje sa linetom (tokarsko srce) za veće promjere			
			max	100,00	zaključivanje na temelju općeg kriterija			1,00				
9	9	IZUZETNO VITKO	min	100,00					Posebni strojevi			
			max		zaključivanje na temelju općeg kriterija			0,50				

OPĆI KRITERIJ - zajednički kriterij za odnos izmjera bilo kojeg od 3 promatrana uvjeta (uvjeti mogu poprimiti cjelobrojne vrijednosti od 1 do 9)
Moguća su 3 uvjeta, plus još i jedan zajednički uvjet tipa debljine stijenke.
GABARITI (odnos triju gabaritnih izmjera)
MINIMALNA KARAKTERISTIČNA IZMJERA (minimalna izmjera)
MAKSIMALNA DULJINA (presjek najveće duljine na 3DM)

Tablica 12 OTP kod izratka: K9 - složenost [0]

otp: K9 - SLOŽENOST IZRATKA

ID	Oznaka	Naziv		BROJ PLOHA (min)	BROJ PLOHA (max)	ILI	BROJ PLOHA DL ILI (OR) DD		ILI	BROJ PLOHA DL I (AND) DD		Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	1	POLUPROIZVOD	P		10	P									
						D									
2	2	JAKO JEDNOSTAVAN	P	10	25	P		10							
						D	1	1							
3	3	VRLO JEDNOSTAVAN	P	25	50	P	10	25			10				
						D	1	1		1	1				
4	4	JEDNOSTAVAN	P	50	100	P	25	50		10	25				
						D	1	1		1	1				
5	5	SREDNJE SLOŽEN	P	100	250	P	50	100		25	50				
						D	1	1		1	1				
6	6	SLOŽEN	P	250	500	P	100	250		50	100				
						D	1	1		1	1				
7	7	VRLO SLOŽEN	P	500	1.000	P	250	500		100	250				
						D	1	1		1	1				
8	8	JAKO SLOŽEN	P	1.000	5.000	P	500	1.000		250	500				
						D	1	1		1	1				
9	9	IZUZETNO SLOŽEN	P	5.000		P	1.000	5.000		500	1.000				
						D	1	1		1	1				

P - broj ploha 3DM
D - dodatni kriteriji odnose se samo na postojanje određenog elementa u 3DM. Ako je rezultat veći od nule polje poprima vrijednost 1, u suprotnom ostaje prazno.
Lijevo polje se odnosi zbroj elipsa i krivulja u 3DM
Desno polje se odnosi na omjer ravnih i rotacijskih površina. Ukoliko je u 3DM više ravnih površina polje poprima vrijednost 1, u suprotnom nula, ili ostaje prazno.
Unutara istog uvjeta je operator AND (i P i D trebaju biti unutar granica). Između različitih uvjeta je operator OR (ili uvjet 1 ili uvjet 2 ili uvjet 3 treba biti zadovoljen)

Tablica 13 OTP kod izratka: K10 - materijal [0]

otp:K10 - MATERIJAL IZRATKA ID	Oznaka	Naziv	Indeks rezljivosti (max)	(min)	Primjeri izradaka	Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	1	IZUZETNO DOBRO OBRADIV	100,00	80,00					
2	2	JAKO DOBRO OBRADIV	80,00	70,00					
3	3	VRLO DOBRO OBRADIV	70,00	60,00					
4	4	DOBRO OBRADIV	60,00	50,00					
5	5	OBRADIV	50,00	40,00					
6	6	TEŠKO OBRADIV	40,00	30,00					
7	7	VRLO TEŠKO OBRADIV	30,00	20,00					
8	8	JAKO TEŠKO OBRADIV	20,00	10,00					
9	9	IZUZETNO TEŠKO OBRADIV	10,00	0,00					

OTP kod materijala dodjeljuje se na temelju kvalitete materijala već u tabeli t31MaterijalKvaliteta.
Ova tabela u OTP bazi podataka ne bi ni trebala, ali ostaje kao dio cjelovitog pristupa strukturiranja baze podataka, a i za eventualne potrebe pri daljnjem razvoju baze.
Materijal izratka mogao bi se definirati na temelju više kriterija (livljivost, deformabilnost, zavarljivost), ali za OTP metodu je presudna rezljivost materijala.
Ovdje se ne navode posebno kvalitete materijala obzirom na OTP kod materijala, ali je to moguće dodati u daljnjem razvoju baze podataka.

Tablica 14 OTP kod izratka: K11 - toplinska obrada [0]

otp: K11 - TOPLINSKA OBRADA ID	Oznaka	Naziv	USLUGA - POSTUPAK ID	oznaka	Primjeri izradaka	Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	0	BEZ TOPLINSKE OBRADE	41	50		Ovdje je moguće i toplinski predobrađen materijal (npr. Č.4732.4)			
2	1	TOPLINSKA OBRADA	42	51		Bilo koja toplinska obrada (samo informacija da li je ima ili nema)			
3	2	ŽARENJE	43	52		Uglavnom za lijevane polazne materijale, ili zavarene sklopove			
4	3	KALJENJE	44	53	Dijelovi specijalnih alata	Uglavnom za specijalne čelike			
5	4	POBOLJŠAVANJE	45	54	Razni strojni dijelovi	Uglavnom za čelike za poboljšavanje. Često se koriste već poboljšani materijali pa otpada ova TO			
6	5	CEMENTIRANJE	46	55	Kotači , osovine vratila, graničnici,	Uglavnom čelici za cementiranje. Dijelovi se deformiraju pa je potrebno naknadno brušenje			
7	6	NITIRANJE	47	56	Osovine i vratila, razni pločasti dijelovi,	Uglavnom kao zamjena za cementiranje, dijelovi se ne deformiraju nakon TO			
8	7	OČVRŠĆIVANJE	48	57					
9	8	KOMBINIRNE TO	49	58		U ovu skupinu se ne ubrajaju npr. kaljenje i poboljšavanje. Smatra se da je kaljenje obuhvaćeno poboljšavanjem			
10	9	OSTALE TO							

Kod toplinske obrade definira se izravno iz podatka u polju C1 tabele t120btp. Ovo polje je vezano je na t12C1ToplinskaObrada preko ID polja.

Tablica 15 OTP kod izratka: K12- površinska zaštita [0]

otp: K12 - POVRŠINSKA ZAŠTITA ID	Oznaka	Naziv	USLUGA - POSTUPAK ID	oznaka	Primjeri izradaka	Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	0	BEZ POVRŠINSKE ZAŠTITE	51	60	u pravilu strojni dijelovi za ugradnju u mehanizme				
2	1	POVRŠINSKA ZAŠTITA	52	61		Bilo koja površinska zaštita, samo naznaka da li je potrebna ili ne (binarno)			
3	2	PJESKARENJE	53	62	čelične konstrukcije	Ssamo pjeskarenje, ili eventualno sa temeljnim premazom (brodski limovi)			
4	3	LAKIRANJE	54	63	razni proizvodi, interijer, dijelovi kućanskih aparata, kučišta strojeva	Lakiranje prskanjem, kistom, valjkom (u pravilu temeljna i pokrivna boja			
5	4	VRUČE CINČANJE	55	64	vanjske ograde, rasvjetni stupovi,...-				
6	5	GALVANIZIRANJE	56	65	metalna galanterija	Različite vrste galvanskih postupaka. Bruniranje i fosfatiranje za strojne dijelove. Niklanje, cinčanje			
7	6	TVRDO KROMIRANJE	57	66	klipovi, cilindri,...	Uglavnom kao reparacija istrošenih strojnih dijelova			
8	7	PLASTIFICIRANJE	58	67	čelični ormarići, elementi interijera,...	kada je potreban deblji sloj zaštite			
9	8	KOMBINIRANA POVRŠINSKA	58	68	razni elementi mehanizama	Npr. Pjeskarenje i lakiranje temeljno			
10	9	OSTALA POVRŠINSKA ZAŠTITA	60	69					

Kod površinske zaštite definira se izravno iz podatka u polju C7 tabele t120btp. Ovo polje je vezano je na t12C7ToplinskaObrada preko ID polja.

Tablica 16 OTP kod izratka: K13 - preciznost [0]

OTP: K13 - PRECIZNOST IZRATKA ID	Oznaka	Naziv	ZAJEDNIČKI ZAHTJEVI - SLOBODNO hrapavost	f, m, c, v	H,K,L	POSEBNI ZAHTJEVI Ra	mm	IT	oblik	položaj	Broj zahtjeva	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	1	IZUZETNO GRUBO												
		lijevanje,zavarivanje, odsjecanje, plinsko rezanje												
2	2	JAKO GRUBO	15	4		200,00	4,6000	18	4,6000	4,6000				
		bravarija, deformiranje												
3	3	VRLO GRUBO	13	3		50,00	1,9000	16	1,9000	1,9000				
		piljenje												
4	4	GRUBO	12	2	3	25,00	0,7400	14	0,7400	0,7400				
		gruba strojna obrada, tokarenje, bušenje, glodanje												
5	5	SREDNJE	10	1	2	6,30	0,3000	12	0,3000	0,3000				
		uobičajena strojna obrada, tokarenje, bušenje, glodanje, posebne...												
6	6	FINO	9		1	3,20	0,1200	10	0,1200	0,1200				
		fina strojna obrada (tokarenje, razvrtavanje, glodanje)												
7	7	VRLO FINO	8			1,60	0,0460	8	0,0460	0,0460	3			
		brušenje (ili jako fine strojne obrade)												
8	8	JAKO FINO	6			0,40	0,0019	6	0,0019	0,0019				
		fine i dodatne obrade												
9	9	IZUZETNO FINO	3			0,05	0,0020	1	0,0020	0,0020				
		fine i dodatne i završne obrade												

Granično područje uključuje zahtjeve oznaka 7 i 8, a izbor ovisi o broju zahtjevnih elemenata

Tablica 17 OTP kod izratka: K14 - količina [0]

otp: K14 - KOLIČINA IZRATKA

ID	Oznaka	Naziv	Interval - količina (min)	(max)	Specijalni alat trajanje	Polazni materijal dobavljivost	tP/t1 (%)	Trajanje (dana)	Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	1	POJEDINAČNA PROIZVODNJA	1	1		skladište	87,51	0	nu=ns			
			Raspon	1,0								
2	2	JAKO MALOSERIJSKA	2	10		lokalni trgovac	37,50	0	nu=ns			
			Raspon	5,0						..\OTP		
3	3	VRLO MALOSERIJSKA	10	100		veletrgovac	10,71	1	nu=ns			
			Raspon	9,1								
4	4	MALOSERIJSKA PROIZVODNJA	100	1.000		veletrgovac	2,91	4	nu=ns			
			Raspon	9,9								
5	5	SERIJSKA PROIZVODNJA	1.000	5.000	popravak	veletrgovac	0,85	15	nsotp= 3.500; tp/t1=1,71%; 7,42dana			
			Raspon	5,0								
6	6	VELIKOSERIJSKA PROIZVODNJA	5.000	10.000	dorada	proizvođač	0,28	44	ns=3.500			
			Raspon	2,0								
7	7	VRLO VELIKOSERIJSKA	1.000	25.000	obnova	proizvođač	0,11	110	ns= 3.500			
			Raspon	2,5								
8	8	JAKO VELIKOSERIJSKA	25.000	50.000	vijek	po crtežu	0,06	219	ns=3.500			
			Raspon	2,0								
9	9	MASOVNA PROIZVODNJA	50.000	2.000.000	sustav	godišnji ugovor	0,01	2.083	nu=50.00; ns=3.500			
			Raspon	40,0								

* Detaljni podaci o trajanju specijalnih alata, odnosu pripremnog i ukupnog vremena i trajanju serije definirani su na temelju istraživanja (prilog A)

** Informacija o vrsti proizvodnje obzirom na veliinu serije trebala bi se odrediti nakon provedbe binarne klasifikacije, na temelju trajanja serije.

Za napomenuti je da vrsta proizvodnje ne ovisi samo o veličini serije. Vrsta proizvodnje mogla bi se bolje definirati na temelju rezultata mOTP. Kriterij za definiranje vrste proizvodnje ne bi bila veličina serije, nego ukupno potrebno vrijeme za izvršenje serije.
Planirana količina, uobičajeno planirani broj komada, obavezni je podatak o izratku. Ovaj podatak je parametar 3DM i to pod nazivom B2. Vrijednost ovog parametra upisuje se na ekranu BTP aplikacije u polje B2. U „.btp“ se nalazi u polju B2 tablice *t120btp*.

Ovisno o uvjetima na tržištu isti izradak je moguće proizvoditi u različitim veličinama serija. Da bi se postupak projektiranja tehnoloških procesa mogao automatizirati bilo je potrebno u algoritmu predvidjeti mogućnost različite veličine proizvodne serije. Za potrebe toga je napravljeno dodatno istraživanje koje je opisanu u prilogu ovog rada. [A]
Na temelju tog istraživanja utvrđen je odnos između planirane količine, ukupne količine i veličine serije.
Istim istraživanjem napravljeni su i razredi OTP količina sa točno određenim intervalima.
Zaključno, vezano uz OTP sustav kodiranja izratka kao cjelinu:

- *U prethodnih 10 tablica prikazani su predodređeni podaci za svaku od 14 znamenki OTP koda izrade.*[15]
- *Mogući rezultati kodiranja izratka su unaprijed zadani*
- *Zadaća ovog istraživanja je utvrditi uvjete na temelju kojih je za bilo koji 3DM moguće odrediti vrijednost koda.*

[15] Možda su se ovi podaci mogli posebno prikazati u prilogu, ali autor istraživanja se ipak odlučio da ostanu u osnovnom tekstu. Razlog je što se na njima temelje postupci kodiranja. Tijekom analize OTP koda izratka potreban je češći uvid u te podatke, pa će ih se lakše pronaći u osnovnom tekstu, nego izdvojene u prilogu.

2.2.7 OTP sustav kodiranja izrade

Cilj kodiranja izrade je kvantifikacija svih16 osnovnih elemenata tehnološkog procesa, podijeljenih u 3 osnovne skupine:

- USLUGA (PRIMARNI PROCES)
  - POTREBNO JE 6 KODNIH MJESTA ZA POTPUNO DEFINIRANJE PRIMARNOG PROCESA
    - *Praoblikovanje*
    - *Preoblikovanje*
    - *Spajanje*
    - *Odvajanje*
    - *Toplinska obrada*
    - *Površinska zaštita*
- MATERIJAL (STANDARDNI POLUPROIZVODI)
  - POTREBNO JE JEDNO KODNO MJESTO ZA DEFINIRANJE POLAZNOG MATERIJALA
    - *Jedan od 9 mogućih oblika polaznog materijala*
- RAD (OSNOVNI TEHNOLOŠKI POSTUPCI)
  - POTREBNO JE 9 KODNIH MJESTA ZA POTPUNO DEFINIRANJE RADA
    - *Odrezivanje*
    - *Bravarija*
    - *Tokarenje*
    - *Bušenje*
    - *Glodanje*
    - *Posebno*
    - *Fino*
    - *Dodatno*
    - *Završno*

OTP sustav kodiranja izrade omogućava samo kvalitativnu informaciju vezanu uz pojedine elemente tehnološkog procesa. Definira se potreba za pojedinim elementom tehnološkog procesa.
U pravilu se za elemente usluge i rada elementi međusobno ne isključuju, nego može u istom kodu izrade biti odabrano više njih istovremeno. Npr. tehnoloških operacija. Ima li potrebe ili nema, 0 ili 1. Zato je potrebno posebno kodno mjesto za svaki pojedini pred definirani element usluge ili rada,

Za materijal to nije slučaj, nego se odabirom jednog poluproizvoda, kao polaznog materijala, ostali poluproizvodi isključuju. Npr. ako je odabrana okrugla šipka, svi ostali oblici poluproizvoda više nisu mogući. Ovo je razlog što se umjesto 0 ili 1, koriste znamenke od 1 do 9, pri čemu svaka znamenka definira točno određeni oblik materijala. Iz tog razloga je za polazni materijal dovoljno samo jedno kodno mjesto u OTPbk.

Spomenuto je već, da isti izradak može biti proizveden na više načina, pa je to u određenoj mjeri zastupljeno i u mOTP. Zavisno o veličini serije, može se odabrati različiti oblik polaznog materijala za isti izradak, a samim time i različite potrebne usluge i radni postupci.

Međutim, promjenom količine za isti izradak mijenja se i njegov OTPk (zadnja znamenka u kodu). Dakle, odabrani elementi tehnološkog procesa u binarnom kodu vrijede i za taj različiti OTPk. Radi o istom izratku, odnosno 3DM, samo je količina drugačija.

Obzirom na detaljnost klasifikacije OTP dozvoljava tri osnovne vrste kodiranja izrade, i to:

- BINARNA
  - USLUGA
    - *Obuhvaća samo vrste obrade*
    - *Kodira se brojevima 0 i 1 (ima potrebe, ili nema potrebe)*
  - MATERIJAL
    - *Obuhvaća samo osnovne oblike poluproizvoda*
    - *Koristi se posebna tablica predodređenih oblika, a ne hijerarhijski najviša tablica oblika*
    - *Kodira se brojevima od 1 do 9*
    - *Svaki kodni broj označava točno određeni oblik poluproizvoda*
  - RAD
    - *Obuhvaća samo osnovne skupine tehnoloških postupaka*
    - *Kodira se brojevima 0 i 1 (DA – NE)*
- DEKADSKA
  - USLUGA
    - *Odabiru se točno određeni tehnološki postupci iz binarno odabrane vrste obrade*
    - *Kodira se brojevima 1 i 9*
    - *Svaki kodni broj označava točno određeni tehnološki postupak usluge*
  - MATERIJAL
    - *Obuhvaća predodređene podoblike poluproizvoda*
    - *Npr. pravokutna cijev iz binarnoj klasifikaciji, definira se kao kvadratna (a=b)*
    - *Kodira se brojevima od 11 do 99*
    - *Svaki kodni broj označava točno određeni podoblik poluproizvoda*
  - RAD
    - *Obuhvaća predodređene tehnološke operacije unutar odabranog postupka rada*
    - *Kodira se brojevima od 11 do 99*
- POSEBNA
  - USLUGA
    - *Nema promjene u odnosu na dekadsku klasifikaciju*
    - *Kodira se brojevima 0 i 1 (ima potrebe, ili nema potrebe)*
  - MATERIJAL
    - *Nema promjene u odnosu na dekadsku klasifikaciju*
  - RAD
    - *Obuhvaća radna mjesta unutar odabrane tehnološke operacije*
    - *Kodira se brojevima od 111 do 999*

Sam postupak se u prvoj iteraciji, uvijek izvršava po binarnoj klasifikaciji, i to uz uvjet pojedinačne proizvodnje. Veličina serije je 1, odnosno K14=1 (pojedinačna proizvodnja).

U ovom koraku se izračunavaju granične veličine serije na način kao što je navedeno u prilogu [A]. Izračunati podaci o graničnim veličinama serije se spremaju u bazu podataka. U slučaju promjene veličine serije za isti izradak, prije OTP klasifikacije izrade uspoređuje se sa graničnim veličinama serije, te se na temelju rezultata usporedbe odabire odgovarajuća usluga, primarni proces, te posljedično i polazni materijal i radni postupci.
Uobičajeno se nakon toga klasificiranje vrši po dekadskoj, ili čak posebnoj vrsti kodiranja izrade.

U pravilu dekadsko kodiranje rezultira preciznijom cijenom koštanja izratka, kao konačnim ciljem mOTP.
Posebno kodiranje bi trebalo rezultirali još točnijom procjenom cijene koštanja, ali rezultat vrijedi samo za točno određenu tvornicu za koju se provodi.
Dakle, i binarno i dekadsko kodiranje izrade vrijedi općenito, a razlikuje se po detaljnosti klasificiranja, a posebno kodiranje vrijedi samo za točno određen proizvodni sustav.

Binarno i dekadsko kodiranje temelje se na istom uzorku 3DM. To znači da su nezavisne varijable za obje vrste kodiranja iste, ali su u uzorak uključene različite zavisne varijable.
Posebno kodiranje izrade vrijedi za točno određenu tvornicu, a temelji se na uzorku izradaka iz upravo te tvornice.

Uzimajući u obzir činjenicu da u binarnom kodiranju svaki element usluge i rada može poprimiti samo dva stanja (0 ili 1; DA ili NE; potrebno ili nepotrebno), proizlazi da je brojevima od 1 do 8 moguće opisati stanje za 3 elementa.
Ova činjenica rezultira mogućnošću da se u mOTP binarni kod smanji na 6 kodnih brojeva, kojima se definira svih 16 elemenata osnovnog tehnološkog procesa.
Obzirom na elemente na koje se odnose, kodna mjesta se mogu imenovati na slijedeći način:

- BK1 – PRIMARNI PROCES
  - *BK1_1 Praoblikovanje*
  - *BK1_2 Preoblikovanje*
  - *BK1_3 Spajanje*
- BK2 - SEKUNDARNI PROCES
  - *BK2_1 Odvajanje*
  - *BK3_2 Toplinska obrada*
  - *BK2_3 Površinska zaštita*
- BK3 – MATERIJAL
  - *Ploča*
  - *Okruglo*
  - *Plosnato*
  - *Šesterokut*
  - *Cijev okrugla*
  - *Cijev pravokutna*
  - *Profil*
  - *Odljevak – otkovak, sklop*
  - *Ostalo*
- BK4 - PREDOBRADE
  - *BK4_1 Odrezivanje*
  - *BK4_2 Bravarija*
  - *Bk4_3 Posebne obrade*
- BK5 - OSNOVNE OBRADE
  - *BK3_1 Tokarenje*
  - *BK5_2 Bušenje*
  - *BK5_3 Glodanje*
- BK6 - ZAVRŠNE OBRADE
  - *BK6_1 Fine obrade*
  - *BK6_2 Dodatne obrade*
  - *BK6_3 Završne operacije*

Odnos binarnog koda i elemenata tehnološkog postupka prikazan je u slijedećih 6 tablica (tablica 18 do tablica 23).

Tablica 18 OTP binarni kod izrade: BK1 – primarni procesi [0]

OTP: BK1 - PRIMARNI PROCESI ID	Oznaka	Naziv	PRA	PRE	SAST	Kod BK1 primarni	Opis	Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	0	BEZ PRIMARNOG PROCESA	0	0	0	000	Ako je ngO=min ngO je granična serija za OOČ	Vrlo često, gotovo pravilo za maloserijsku proizvodnju ne prevelikih dijelova			
2	1	PRAOBLIKOVANJE	1	0	0	100	Ako je ngL=min ngL je granična serija za preoblikovanje (lijevanje)	Ako je veličina serije unutar intervala u kojem je ljevanje optimalni izbor			
3	2	PREOBLIKOVANJE	0	1	0	010	ako je ngD=min ngL je granična serija za preoblikovanje (lijevanje)	Ako je veličina serije unutar intervala u kojem je deformiranje optimalni izbor			
4	3	SPAJANJE	0	0	1	001	ako je ngS=min ngL je granična serija za preoblikovanje (lijevanje)	Ako je izradak veći od dobavljivih poluproizvoda, ili je veličina serije u intervalu spajanja			
5	4	PRAOBLIKOVANJE I PREOBLIKOVANJE	1	1	0	110	za ovaj i slijedeće slučajeve sa više primarnih procesa, nije više granična količina presudni kriterij	rijetki slučajevi npr aluminj odljevak pa još prešanje			
6	5	PRAOBLIKOVANJE I SPAJANJE	1	0	1	101		Moguće kao navarivanje u cilju postizanja tvrde površine			
7	6	PREOBLIKOVANJE I SPAJANJE	0	1	1	011		Moguće kao navarivanje u cilju postizanja tvrde površine			
8	7	SVA TRI PRIMARNA PROCESA	1	1	1	111		Vrlo rijetko, općenito spajanje podrazumijeva sklop, ane dio kao vrstu proizvoda			
9	8	NEDEDFINIRANI PRIMARNI PROCES	2	2	2	222					

Tablica 19 OTP binarni kod izrade: BK2 – sekundarni procesi [0]

otp: BK2 - SEKUNDARNI PROCESI ID	Oznaka	Naziv	ODV	TOP	POV	Kod BK2 seundarni	Opis	Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	0	BEZ SEKUNDARNOG	0	0	0	000	Moguće za dijelove visokoserijske ili masovne proizvodnje. Samo primarni proces.	Kod visokoserijskih proizvoda je često potrebna površinska zaštita, pa je ova situacija rijedak slučaj			
2	1	ODVAJANJE	1	0	0	100	U pravilu je ovo uvijek potreban proces za vrstu proizvoda "dio" u ne prevelikim serijama	Barem odrezivanje poluproizvoda na željenu duljinu			
3	2	TOPLINSKA OBRADA	0	1	0	010	Ako je zahtjev TO Vrijednost polja C1 u t120btp veća od nule	Gotovo da nije moguće bez OČČ Izuzetak može biti poboljšavanje do 30 HRc (i to kao repromaterijal)			
4	3	POVRŠINSKA ZAŠTITA	0	0	1	001	Ako je zahtjev PZ Vrijednost polja C7 u t120btp veća od nule	Moguće za visokokoserijske dijelove, dakle bez Odvajanja			
5	4	ODVAJANJE I TOPLINSKA	1	1	0	110	Ako je zahtjev TO Vrijednosti polja C1 u t120btp veća od nule i potrebno odvajanje	Vrlo čest slučaj u praksi, posebno za dijelove specijalnih alata			
6	5	ODVAJANJE I POVRŠINSKA	1	0	1	101	Ako je zahtjev PZ Vrijednosti polja C7 u t120btp veća od nule i potrebno odvajanje	Vrlo čest slučaj u praksi, posebno za bravarske proizvode. Često u kombinaciji sa zavarivanjem			
7	6	TOPLINSKA I POVRŠINSKA	0	1	1	011	Ako je zahtjev TO i PZ Vrijednosti polja C1 i C7 u t120btp veća od nule, a nije potrebna OOČ	Nije realno za očekivati u malim serijama da nema odvajanja			
8	7	SVI SEKUNDARNI PROCES	1	1	1	111	Ako je zahtjev TO i PZ Vrijednosti polja C1 i C7 u t120btp veća od nule i potrebno odvajanje	Moguće u praksi, osobito u slučaju bruniranih ili fosfatiranih dijelova			
9	8	NEDEDFINIRANI SEKUNDARNI	2	2	2	222					

Tablica 20 OTP binarni kod izrade: BK3 – polazni materijal [0]

otp: BK3 - POLUPROIZVODI

ID	Oznaka	Naziv	Osnovni oblik S1	S2	S3	Opis	Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	1	CIJEV PRAVOKUTNA	3			K2=24 ; K3=2	Kvadratne i pravokutne cijevi Jednolika debljina stijenke			
			35	34						
2	2	PROFILI I NOSAČI	4			K2=6; K3=1	4 - profili (L; C (U);...) 5 - nosači (IPE; INP; HEA; HEB;...)			
			41		59					
3	3	PLOČA	1				Pločasti materijal, uglavnom metalni limovi Ograničenje glede debljine (KI= b)			
			11							
4	4	CIJEV OKRUGLA	3				Okrugle cijevi različitih izvedbi (šavne, bešavne, precizne,...) Iznimno i šesterokut sa rupom			
			31		36					
5	5	OKRUGLO	2				Okrugle šipke (puni profil) Različitog stanja površine (vrste			
			21							
6	6	ŠESTEROKUT	2				Standardni šesterokutni profil, karakteristična izmjera je OK (promjer upisane kružnice)			
			26							
7	7	PLOSNATO	2				Prizmatične šipke, kvadratne (KI =a); pravokutne raznostranične (KI=a; b)			
			25	24	23					
8	8	ODLJEVAK, OTKOVAK, SKLOP	6				nestandardni poluproizvodi, posljedica primarnog procesa			
			6	7	8					
9	9	OSTALO	9							

Kao i elementi u svim drugim kodnim mjestima, i poluproizvodi su poredani obzirom na očekivanu složenost tehnološkog procesa, od jednostavnijeg prema složenijem.

Tablica 21 OTP binarni kod izrade: BK4 – ulazni postupci [0]

otp: BK4 - PREDOBRADE

ID	Oznaka	Naziv	REZ Kod	BRA BK4	POS PREDOBRADE	Opis	Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	0	BEZ PREDOBRADE	0	0	0					
			000							
2	1	REZANJE	1	0	0	Uvijek, osim fi <50 i L/d>3 i OK <50 i L/d<3				
			100							
3	2	BRAVARIJA	0	1	0					
			010							
4	3	POSEBNE OBRADE	0	0	1	Ako je K3				
			001							
5	4	REZANJE I BRAVARIJA	1	1	0					
			110							
6	5	REZANJE I POSEBNE OBRADE	1	0	1					
			101							
7	6	BRAVARIJA I POSEBNE OBRADE	0	1	1					
			011							
8	7	SVE TRI PREDOBRADE	1	1	1					
			111							
9	8	NEDEFINIRANA PREDOBRADA	2	2	2					
			222							

Tablica 22 OTP binarni kod izrade: BK5 – osnovni postupci [0]

otp: BK5 - OSNOVNE OBRADE ID	Oznaka	Naziv	TOK	BUŠ	GLO	Kod BK5 OSNOVNE	Opis	Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	0	BEZ OSNOVNE OBRADE	0	0	0	000					
2	1	TOKARENJE	1	0	0	100					
3	2	BUŠENJE	0	1	0	010	K3=				
4	3	GLODANJE	0	0	1	001					
5	4	TOKARENJE I BUŠENJE	1	1	0	110		Prirubnice			
6	5	TOKARENJE I GLODANJE	1	0	1	101		Vratila			
7	6	BUŠENJE I GLODANJE	0	1	1	011		Možda sve u istoj operaciji			
8	7	SVE TRI OSNOVNE OBRADE	1	1	1	111		Složeni izratci			
9	8	NEDEDFINIRANA OSNOVNA OBRADA	2	2	2	222					

Tablica 23 OTP binarni kod izrade: BK6 – izlazni postupci [0]

otp: BK6 - ZAVRŠNE ID	Oznaka	Naziv	FIN	DOD	ZAV	Kod BK6 ZAVRŠNE	Opis	Komentar	Prilozi Veza	Grafika	Otvori
1	0	BEZ ZAVRŠNIH OBRADA	0	0	0	000					
2	1	FINE OBRADE	1	0	0	100	K13>7 OR K13>6 AND				
3	2	DODATNE OBRADE	0	1	0	010	Kod zahtjevnih izradaka				
4	3	ZAVRŠNE OBRADE	0	0	1	001		U slučaju većih serija			
5	4	FINE OBRADE I DODATNE OBRADE	1	1	0	110					
6	5	FINE OBRADE I ZAVRŠNE OBRADE	1	0	1	101					
7	6	DODATNE I ZAVRŠNE OBRADE	0	1	1	011					
8	7	SVE TRI ZAVRŠNE OBRADE	1	1	1	111					
9	8	NEDEFINIRANA ZAVRŠNA OBRADA	2	2	2	222					

2.2.8 OTP list

Tijekom projektiranja tehnološkog procesa u različitim njegovim koracima definiraju se različite značajke vezane uz proces proizvodnje - ostvarenja (izrade) proizvoda.
Obzirom na svrhovitost, značajke nastale projektiranjem tehnološkog procesa mogu se podijeliti u dvije osnovne skupine, i to:

- TEHNOLOŠKI PARAMETRI
  - PODACI POTREBNI ZA IZRAVNU PRIMJENU U PROIZVODNOM PROCESU
    - *polazni materijal* *(u OTP uglavnom izbor standardnih poluproizvoda – repromaterijala")*
    - *redoslijed operacija* *(potrebni tehnološki postupci, njihov broj i redoslijed)*
    - *režimi rada* *(vrlo rijetko u OTP)*
    - *vremena izrade* *(uglavnom komadno vrijeme potrebno za planiranje proizvodnje)*
    - *cijena koštanja* *(zbirni podaci tehnološkog postupka potrebni za kalkulaciju)*
- POMOĆNE VARIJABLE
  - PODACI POTREBNI ZA MEĐUFAZNE IZRAČUNE TIJEKOM PROJEKTIRANJA
    - *nezavisne varijable* *(ulazni podaci definirani izratkom)*
    - *pomoćne varijable* *(koriste se za izračun drugih pomoćnih varijabli, ili tehnoloških parametara)*
    - *poluzavisne varijable* *(značajke koje ovise i o prethodno izračunatim varijablama)*
    - *proizvodne količine*

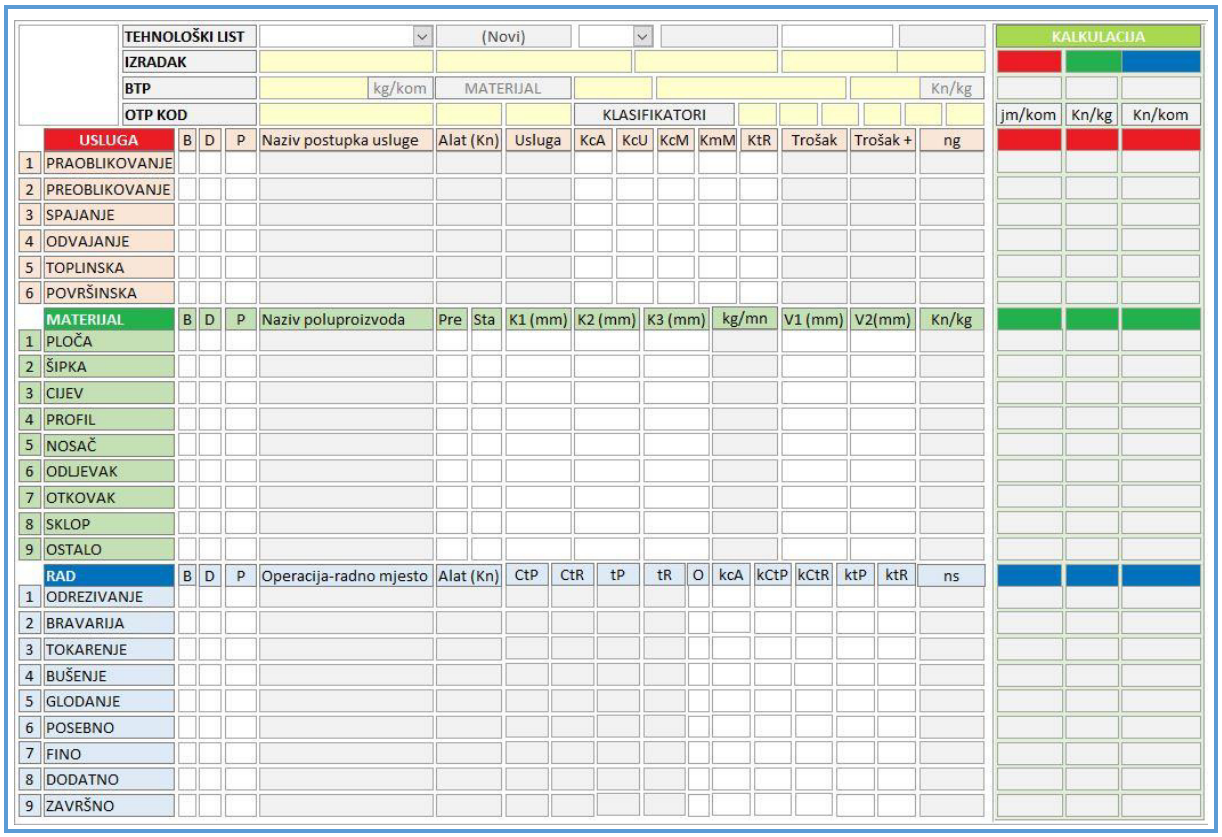
Tehnološki parametri su rezultat projektiranja tehnološkog procesa i kao takvi dostatni za primjenu u proizvodnji, ali je za provjeru rezultata dobro imati na uvid i neke od pomoćnih varijabli na kojima se temelje rezultati.
Posebno je to značajno za mOTP kod kojeg se cijeli proces projektiranja odvija automatizirano, pa tehnolog pri ocjeni prihvatljivosti rezultata ne može koristiti bilješke, ili sjećanje vezano uz postupak projektiranja. Odnosno nema tehnologa, pa ni bilješki, pa ni podataka o pomoćnim varijablama na temelju kojih su rezultati izračunati.

Uzimajući u obzir upravo tu činjenicu, potrebno je omogućiti osobi koja analizira rezultat mOTP uvid u pomoćne varijable.
Budući je mOTP algoritam koji počiva na podacima u bazi podataka, uvjet uvida u podatke lako je ostvarljiv različitim izvještajima iz baze podataka. Pri tome je značajnije voditi računa o tome da se ne prikazuje previše podataka, budući da problem nemogućnosti prezentacije određenog željenog podatka praktički ne postoji.

Vrlo lako se upadne u zamku predimenzioniranih izvješća sa puno nepotrebnih dokumenata koji iziskuju puno više vremena tehnologu u analizi rezultata mOTP.
Ukoliko se još propišu postupci po kojima tehnolog svaki od tih dokumenata posebno mora ovjeriti, lako je moguće da bi se ušteda vremena rada tehnologa, koja je dobivena mOTP, mogla izgubiti u naknadnoj analizi dokumentacije.

Pretpostavka je da će, zavisno o vrsti proizvoda i osobnom znanju tehnologa ili osobe koja analizira rezultate mOTP, biti poželjno definirati točno određene dokumente.
Ipak, ovim radom definiran je sadržaj i izgled osnovnog dokumenta mOTP, za koji autor smatra da je općenito prihvatljiv i dostatan za primjenu.
Ovaj dokument je nazvan OTP list.

Na slici 9 je prikazan OTP list, kako izgleda na ekranu – „Form“ u OTPbp. Pretpostavka je da će biti praktičnije analizirati OTP rezultate izravno u aplikaciji, nego „pregledavati“ podatke otisnute na papiru.
Pri tome nije zanemariva ni činjenica da je „klikom“ na određeno polje na obrascu moguće izravno dobiti uvid o detaljnijim podacima vezanim uz to polje. Npr. „klikom“ na polje sa brojem crteža „otvara“ se crtež u PDF formatu.



| | | |

- RAD
  - UGLAVNOM OBRADA ODVAJANJEM ČESTICA (PLAVO PODRUČJE)
    - *postupci*
    - *operacije (u dekadskoj klasifikaciji)*
    - *radna mjesta (samo u posebnoj klasifikaciji)*

Obzirom da su svi podaci pohranjeni u bazi podataka, moguće je kreirati najrazličitije dokumente, kako po obuhvatu podataka i njihovom razmještaju, tako i po načinu prikaza. na papiru, ili na ekranu računala. Za potrebe ovog istraživanja neće se posebno kreirati dokumenti za ispis na papir – „Report“ alat u Accessu.

Uz navedene 4 osnovne skupine podataka, OTP list predviđa i prikaz podataka vezanih uz ***trošak izrade***, odnosno cijene koštanja. Ovi podaci nalaze se u desnom dijelu dokumenta – uokvireno područje sa zelenom podlogom.
U slučaju kada bi ovi podaci bili prikazivani na posebnom dokumentu, dopunjeni sa parametrima za izračun prodajne cijene na temelju ***cijene koštanja*** uobičajeno bi se takav dokument nazivao „KALKULACIJA“.
U praksi je uobičajeno da postoje dva dokumenta, tehnološki list i njemu pripadajuća kalkulacija, a ovdje se oba dokumenta objedinjuju u zajednički dokument „OTP LIST“.

Cijena koštanja jedan je od osnovnih rezultata koji se očekuju ostvariti mOTP, pa je već i u ovom istraživanju potrebno voditi računa o strukturi OTPbp sa stajališta kvantificiranja troškova izrade. U mOTP se cijena koštanja definira kao ukupni trošak izrade, koji uz trošak rada uključuje i trošak usluga i trošak materijala. Pri tome se trošak rada procjenjuje na temelju utroška vremena, i to komponente pripremnog vremena i vremena rada.
Budući vrijeme pripreme zavisi o veličini serije potrebno je u mOTP ugraditi algoritam za automatizirano određivanje proizvodnih količina za svaku od potrebnih tehnoloških operacija. Ovaj cilj je ostvaren dodatnim istraživanjem vezanim uz količine u automatiziranom projektiranju tehnoloških procesa.

OTP količine

Istraživanje vezano uz količine u mOTP prikazano je detaljno u prilogu A ovog rada. [A]
Upravo iz razloga što se radi o promjenljivim faktorima, potrebno je unaprijed definirati moguće podatke vezane uz proizvodne količine.
Zbog preglednosti osnovnog teksta ovog rada, ovdje se navode samo za mOTP potrebni rezultati istraživanja.

Količinski faktori razlikuju se obzirom na dinamiku isporuka:

- PLANIRANA KOLIČINA
  - n_P UKUPNA KOLIČINA KOJA SE PLANIRA ISPORUČITI
    - *ukupna planirana količina kroz cijeli period (zbroj svih pojedinačno isporučenih količina)*
    - *marketinška ili prodajna procjena maksimalne količine proizvoda*
    - *zadana količina od strane kupca, ili procjena tržišnog potencijala za vlastite proizvode*
- PROIZVODNE KOLIČINE
  - n_U UKUPNA KOLIČINA
    - *ukupna planirana proizvodna količina (temelji se na procjeni ostvarljivosti n_p)*
    - *ograničava se na određeni broj komada obzirom na alate i naprave*
  - n_S VELIČINA SERIJE
    - *planirana količina koja će se jednokratno proizvoditi (u jednom kontinuiranom ciklusu)*
    - *trošak pripreme smanjuje se sa povećanjem broja komada u seriji*

- POMOĆNE KOLIČINE
  - n_{G_i} GRANIČNA KOLIČINA
    - *granična količina za izbor primarnog procesa (usluge)*
    - *i ide od 1 do 4 (1=praoblikovanje; 2=preoblikovanje; 3=spajanje; 4= odvajanje)*
  - n_{A_i} TRAJANJE ALATA
    - *broj komada koji se može proizvesti sa jednim specijalnim alatom*
    - *odnosi se uglavnom na alate za usluge – primarni proces (i-usluga)*
  - n_{nS} BROJ SERIJA
    - *predstavlja broj proizvodnih ciklusa u određenom periodu*
    - *određuje se maksimalni period od godinu dana (12 mjeseci)*
    - *ako je n_{nS} zadan, tada vrijedi $n_S=n_u/n_{nS}$; ili $n_u=n_S \times n_{nS}$*
    - *ako n_{nS} nije zadan, tada vrijedi $n_{nS}= n_u/n_S$*

Budući su proizvodne količine promjenljivi faktori, praktički to znači da za jedan izradak ne postoji jedinstven tehnološki proces, odnosno da isti izradak može imati i više cijena koštanja. S druge strane, temeljna zamisao mOTP je da za svaki izradak postoji jedan (osnovni) način izrade, pa prema tome i jedna cijena koštanja.
Da bi se to moglo ostvariti potrebno je utjecaj promjenljivih faktora svesti na minimalnu moguću mjeru. U ovom slučaju potrebno smanjiti broj promjenljivih faktora, i automatizirano ih kvantificirati samo na temelju planirane količine.

Planirana količina

Planirana količina je polazni podatak, i treba biti sastavni dio podataka vezanih uz 3DM.
Uobičajeno je da se određene aktivnosti procesa marketinga i razvoja vremenski preklapaju, te je za očekivati da će se u fazi razvoja u kojoj se detaljno definira proizvod (3DM pozicija i sklopova), već biti poznate okvirne moguće količine proizvoda koji je moguće prodati na tržištu.

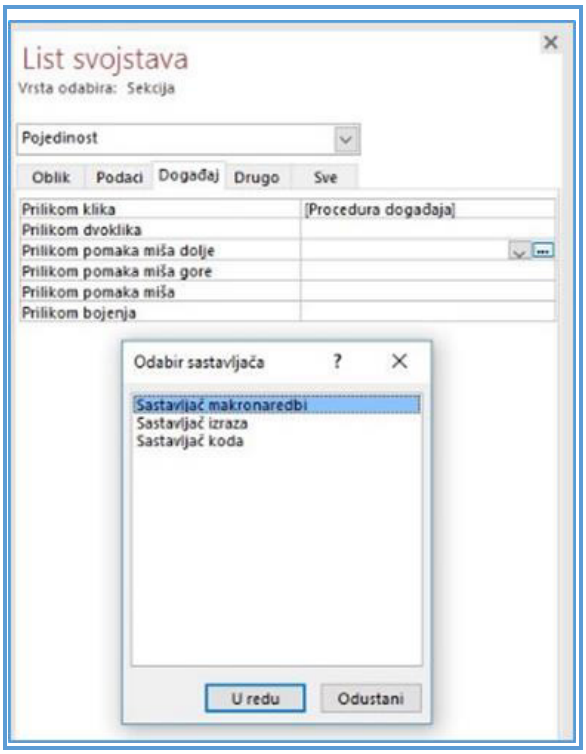
Ukoliko se radi o izradi pozicija bez vlastitog razvoja (na temelju upita druge tvrtke), potrebno je procijeniti realnost planirane količine. Nije rijedak slučaj u praksi da potencijalni kupac u upitu navede veću količinu, od stvarno planirane za narudžbu, i to upravo iz razloga da dobije što povoljniju cijenu izratka.
U svim ovim slučajevima potencijalni dobavljač bi se trebao zaštiti ograničenjem valjanosti ponuđene cijene obzirom na odstupanje količine.

Ponekad se od dobavljača izričito traži da ponudi cijene izratka za različite veličine serije, čime se sugerira dobavljaču da će kupac planiranu količinu preuzimati kroz određeni vremenski period u više navrata.
Ovaj zahtjev može ukazivati i na činjenicu da ni sam kupac još nema jasnu informaciju o količini izradaka koju stvarno može prodati na tržištu.
Upit sa cijenama vezanim uz veličine serije može značiti i da kupac želi provjeriti kompetentnost dobavljača.

U svakom slučaju, planirana količina je ulazni podatak, i uz nju se vežu sve daljnje aktivnosti vezane uz planiranje tehnoloških procesa, a time i definiranje cijene koštanja.
Kvantificiranje planirane količine nije posao tehnologa, pa se i u mOTP smatra da je planirana količina verificirana od odgovorne osobe, te kao takva valjani podatak za sve daljnje aktivnosti.

2.3 OTP BAZA PODATAKA (OTPbp)

Za potrebe ovog istraživanja podaci se pohranjuju u bazu podataka koja je napravljena korištenjem aplikacije MS Access 2016[16], iz Microsoftovog paketa OFFICE 2016.
Iako se Access u pravilu u praksi ne koristi za velike baze podataka, njegova ograničenja svakako su daleko iznad zahtjeva na bazu podataka koje postavlja ovo istraživanje.
Činjenica da autor istraživanja posjeduje licencu za korištenje paketa MS Office 365 nije od presudnog utjecaja na izbor softvera, budući za istraživačke i znanstvene projekte i neki „jači" softveri mogu biti dostupni bez potrebe plaćanja njihova korištenja. Primjer je softver „SQL server", također proizvod tvrtke Microsoft, a postoje i različiti besplatni softveri na LINUX platformi,
Autor se ipak odlučio za MS Windows platformu iz razloga što svakodnevno koristi alate iz MS Office paketa, a pri tome nije nevažna ni činjenica da autor od ranije poznaje način korištenja Accessa.
Access je odabran iz razloga što kao aplikacija uz tablice za pohranu podataka, sadrži i već gotove rutine za upravljanje podacima, što smanjuje potrebno programersko vrijeme.
Uz osnovne elemente baze: tablice, upite, obrasce i izvješća, postoje i sastavljači procedura događaja, što je prikazano na slici 10.



Slika 10 Procedure događaja u Accessu [0]

Sastavljač makronaredbi prilagođen je za izvođenje često potrebnih događaja. Sastavljač izraza potpomognut je IntelliSense sustavom za brži i točniji unos izraza. Sastavljač koda otvara MS Visual Basic za pisanje koda, a tijekom stvaranja upita u svakom trenutku je upit moguće vidjeti u prikazu dizajna, tablicarnom prikazu sa rezultatima upita, ali i prikaz SQL zapisa upita.
Svojstva bilo kojeg objekta u Accessu vrlo su pregledna, a moguće ih je lako mijenjati. Ovo je posebno značajno prilikom kreiranja sličnih objekata, što se onda može napraviti kopiranjem postojećeg objekta pod novim nazivom.
Npr. postojeća tablica ostaje nedirnuta u bazi, a novonastalu je moguće uz promjene svojstava vrlo brzo prilagoditi specifičnim značajkama skupine podataka koji se žele zapisivati u bazu.
Tako je moguće na temelju nekoliko osnovnih predložaka značajno ubrzati stvaranje novih objekata u Accessu. Npr. predložak obrasca sa pod obrascem može se koristiti za sve prikaze u kojima su podaci hijerarhijski podijeljeni u dvije razine.

Access je vrlo poznati softver za baze podataka, te su informacije vezane uz njega brojne i lako dostupne. Smatra se da u ovom radu nije potrebno detaljnije opisivati značajke samog softvera. U nastavku će se iskoristiti prilika da se osnovni elementi Accessa samo naznače, to upravo na primjerima kako su korišteni za potrebe ovog istraživanja.

[16] U daljnjem tekstu: MS Access 2016 baza podataka iz paketa MS OFFICE 2016: Access

2.3.1 Tablice

Prilikom kreiranja tablica u OTPbp, u pravilu je primijenjen princip jednoznačnosti prva tri, odnosno četiri, polja u tablici:

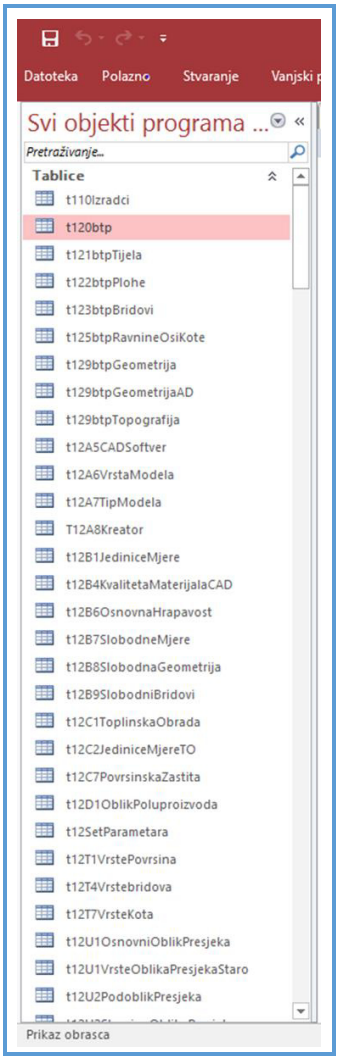
- PRVO POLJE: IDZAPISA (PRIMARNI KLJUČ)
  - *vrsta podatka: samonumeriranje; dugi cijeli broj*
  - *indeksirano: da, bez mogućnosti dvostrukog zapisa (dupliciranja)*
- DRUGO POLJE: OZNAKAZAPISA
  - *vrsta podatka: kratki tekst; ne više od 25 znakova*
  - *indeksirano: bez čvrstog pravila*
- TREĆE POLJE: NAZIVZAPISA
  - *vrsta podatka: kratki tekst*
  - *veličina podatka (do 255 znakova), vrlo često ne više od 50 znakova*
- ČETVRTO POLJE: SKZAPISA (STRANI KLJUČ ZAPISA – VEZA SA DRUGOM TABLICOM)
  - *vrsta podatka: broj; dugi cijeli broj*
  - *polje za dohvaćanje vrijednosti; kombinirani okvir izvor tablica ili upit*
  - *vezani stupac:1; broj stupaca (minimalno 3, da se vide oznaka i naziv vezanog podatka)*

Ovaj pristup omogućuje jednostavnije stvaranje relacijskih veza između povezanih tablica u bazi podataka, ali i pregledniji izbor zapisa iz hijerarhijski više tablice.

Iako je za samo istraživanje bilo moguće podatke razvrstati u manji broj međusobno povezanih tablica sa većim brojem polja u svakoj tablici, ipak je OTPbp strukturirana po načelu većeg broja tablica sa manjim brojem polja u svakoj od tablica.
Ovaj pristup iziskuje više vremena potrebnog za kreiranje baze podataka, pa i potrebu za stvaranje više upita u samoj bazi podataka. No, njegova velika prednost je u kasnijoj obradi podataka i eventualnoj nadogradnji same baze podataka.

Manji broj polja bilo je moguće ostvariti prvenstveno u onim tablicama koja se odnose na „gotovo nepromjenljive“ podatke. Podaci koji se rijetko mijenjaju u OTPbp, odnosno predodređeni podaci dio su cjeline baze znanja u OTPbp.
Ove tablice ujedno i imaju manji broj redaka (zapisa) u odnosu na tablice iz cjeline baze podataka koja se odnosi na 3DM.
Broj polja u tablicama koja ovise o 3DM u pravilu je veći od tablica koje su dio baze znanja. Tablica za upis zajedničkih značajki 3DM broji 220 polja, i ujedno je to najveća tablica u OTPbp.
Broj redaka u ovoj tablici nije ograničen, a tijekom istraživanja je dosegnuo broj od preko 1.500 redaka. Dakle, preko 300.000 podataka vezanih samo uz jednu tablicu.

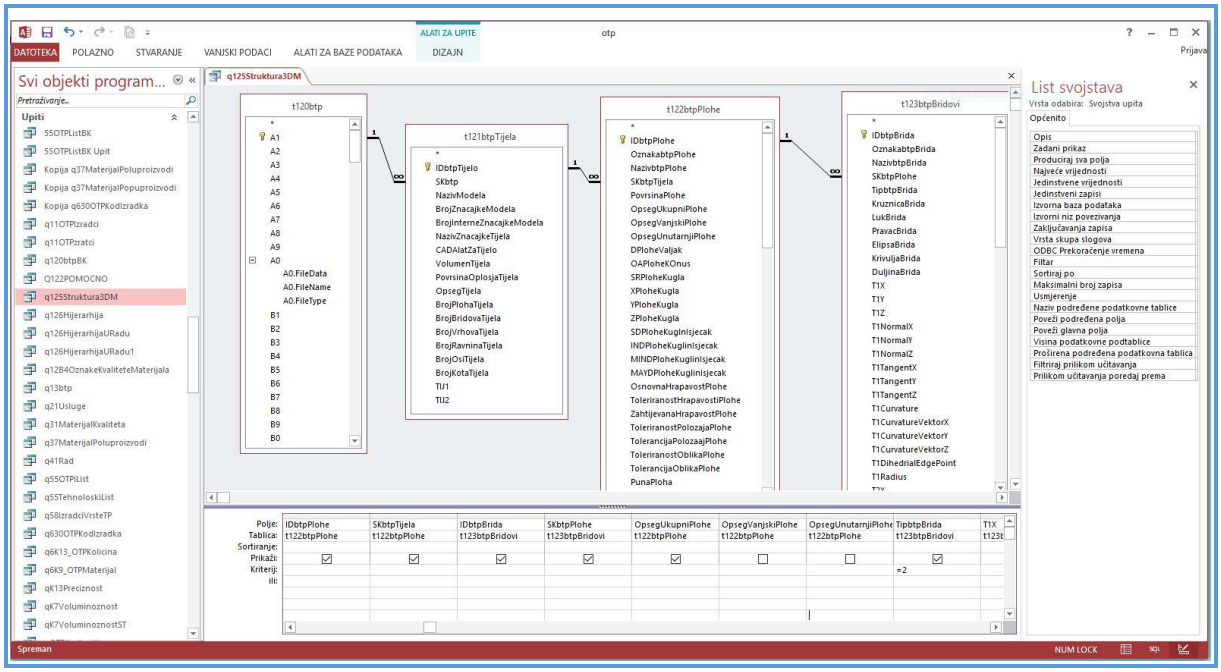
Detalji svake od 81 tablice koliko ih je ukupno ugrađeno u OTPbp ne opisuju se ovdje, ali su vidljivi u samoj bazi u Accessu.
Na slici 11 je prikaz tablica kao objekata Accessa.



Slika 11 Tablice u OTPbp [0]

2.3.2 Upiti

Jedna od prednosti softvera MS Access je svakako jednostavnost postavljanja upita na podatke u tablicama u bazi podataka. To je vrlo pogodno za potrebe istraživanje, jer se na taj način vrlo lako mogu formirati različiti uzorci prilagođeni varijabli koju se žele istražiti. Na slici 12 je prikazan upit vezan uz strukturno hijerarhijske podatke 3DM.



Slika 12 *Upiti u OTPbp* *[0]*

Upiti se mogu temeljiti na podacima u tablicama , ali i drugim upitima. Moguće je u jedan upit uključiti bilo koji podatak iz baze podataka, koji nakon odabira predstavlja točno određeno polje u podatkovnoj tablici upita.
U svakom upitu moguće je postaviti različite kriterije – filtere, tako da se iz jednog skupa podataka, korištenjem različitih upita sa pred definiranim kriterijima, mogu ostvariti različiti pod skupovi podataka (uzorci).
Ako se nefiltrirani (osnovni) upit spremi u bazu podataka u više kopija, te se svakoj doda različito ime, svaka od tako nastalih kopija postaje poseban objekt u bazi podataka.
Promjenom kriterija u novonastalim objektima u bazi podataka svaka kopija osnovnog upita rezultira različitom podatkovnom tablicom. Dakle, mogu se na temelju i istog osnovnog upita ostvariti različiti uzorci za istraživanje.

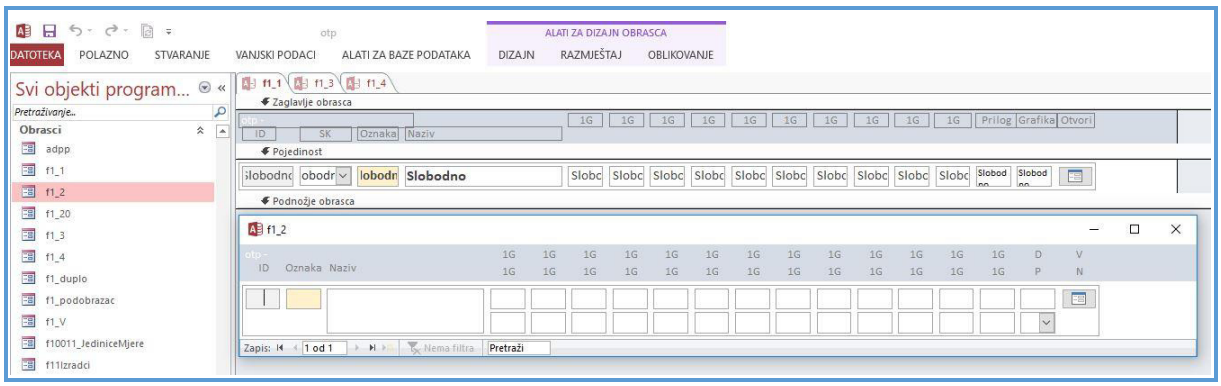
Iako je dovoljan i samo jedan upit za kreiranje više različitih uzoraka, u ovom istraživanju je ipak primijenjen pristup „jedan uzorak – jedan upit“.
Uz preglednost istraživanja, kao osnovnih zahtjev, jednostavnost primjene koja isto nije zanemariva, te činjenice da je moguće pojedina postojeća polja unutar upita učiniti trenutno ne aktivnim, čime se smanjuje broj polja koja se pretražuju, što ubrzava pretragu, odabrani pristup sa više upita u bazi podataka optimalna je varijanta.
Ukoliko se uzme u obzir i činjenica da je uzorke potrebno izvesti iz baze podataka u neku drugu aplikaciju za obradu podataka (npr. MATLAB; STATISTICA; MS EXCEL;…), više upita osigurava veću pouzdanost u točnost izvezenog uzorka.

Za napomenuti je da naziv svake tablice sa podacima stvorene alatom „UPIT“ u OTPbp započinje malim slovom „q“, za razliku od osnovnih tablica za upis podataka čiji nazivi uvijek započinju sa malim slovom „t“.

2.3.3 Obrasci

Kako je automatiziranost temeljna funkcionalnost mOTP, obrasci za prikaz podataka na ekranu računala tijekom korištenja metode gotovo da neće niti biti potrebni. Pretpostavka je da će za korisnike mOTP biti dovoljan obrazac OTP list, o kome je već bilo govora prethodnom poglavlju.

Međutim, u tijeku istraživanja vrlo su potrebni prikazi pojedinih faza rada, prvenstveno u cilju provjere ispravnosti rada pojedinih postupaka, te točnosti međufaznih podataka.
Preglednost podataka u OTPbp pretpostavka je za uspješno istraživanje, pa su za gotovo sve tablice i upite u OTPbp napravljeni i obrasci za njihov pregled na ekranu.
Obzirom da se radi o bazi podataka sa velikim brojem tablica, zbog uštede na vremenu, ali i intuitivnosti sučelja, korišten je jedinstven pristup izrade obrazaca.
Radi se o predlošcima na temelju kojih se kreiraju konačni obrasci za prikaz podataka iz konkretne tablice ili upita na ekranu računala.



Slika 13 Obrasci u OTPbp [0]

Na slici 13 vidljiva je sličnost predloška obrazaca naziva f1_1 koji je prikazan u „dizajn“ modu, i f1_2 koji je prikazan u otvorenom obliku, odnosno kako izgleda tijekom korištenja OTPbp.
Zaglavlja i podnožja oba predloška su slična, a radno područje im se sastoji od slobodnih polja. Zajednička su im prva tri ili četiri polja i zadnja tri polja u obrascu. Na ova mjesta u obrascu dolaze „obavezna“ polja u OTP tablicama u bazi podataka.
Razlikuju se obzirom na broj podataka koje je u njima potrebno prikazati. Tako je predložak f1_1 predviđen za manji broj podataka (prikaz u jednom redu), dok je predloškom f1_2 moguće prikazati veći broj podataka istovremeno na ekranu računala. Analogno, ne prikazani, ali na slici S-34 lijevo gore naznačeni predlošci f1_3 i f1_4 predviđeni su za još više podataka (prikaz u 3 ili 4 reda).
Napravljen je i predložak tipa „obrazac sa podobrascom“ čija namjena je istovremeno prikazivanje podataka iz više tablica, u pravilu hijerarhijski različitih razina. Uz ove osnovne predloške napravljeno je i nekoliko varijacija, obzirom na visinu polja u samoj tablici. Nazivi obrazaca za prikaz na ekranu u OTPbp uvijek počinju malim slovom „f“.

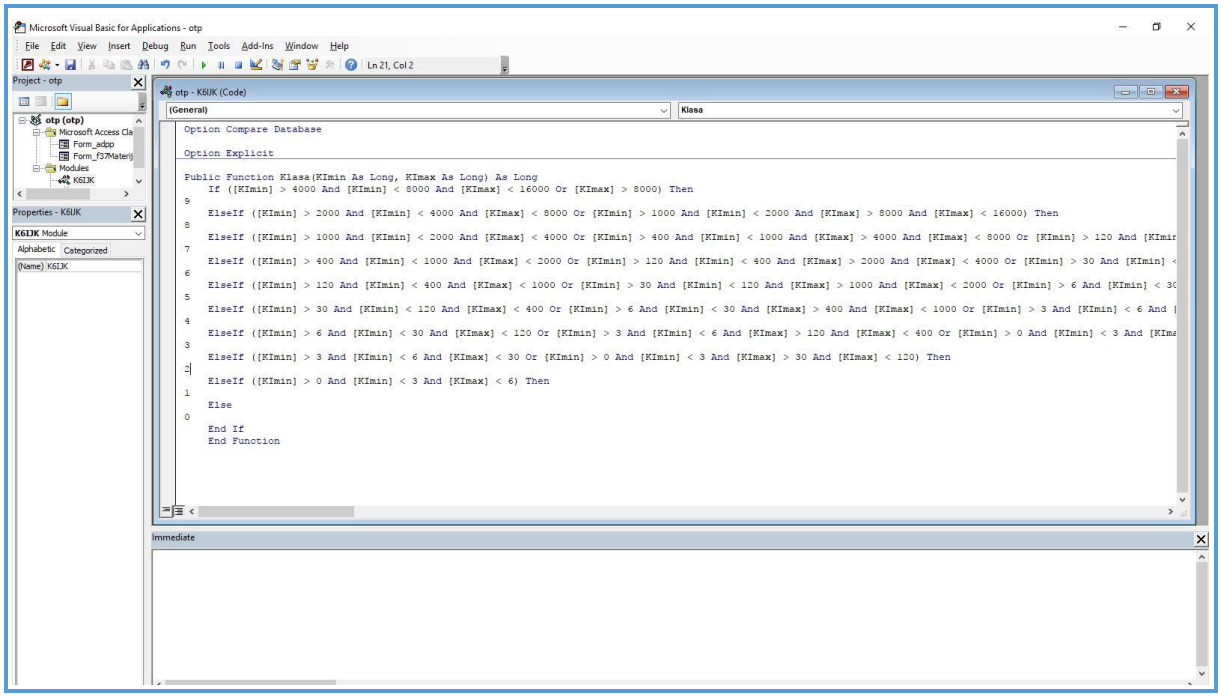
Prilikom izrade konačnog obrasca predložak se prvo kopira i spremi pod odgovarajućim imenom. Potom se otvori novostvoreni obrazac i u svojstvima se odabere izvor zapisa. Nakon toga se u polja u obrascu dodaju dostupni nazivi podataka iz tablice koja je izvor zapisa. Paralelno se i u zaglavlju umjesto općenitog naziva upisuju odgovarajući nazivi podataka. Sukladno vrsti podatka mogu se promijeniti i svojstva svakog pojedinog polja na radnoj površini obrasca. Ovo sve skupa značajno ubrzava izradu obrazaca.

2.3.4 Visual Basic kod

Softveri koji su sastavni dio paketa MS OFFICE programirani su u okružju MS VisualStudio, koji obuhvaćaju nekoliko alata za razvoj softvera. Uz C i C#, kao osnovni razvojni alat zastupljen je upravo i Visual Basic.
Budući je Access nastao zahvaljujući Visual Basic programskom jeziku logično je da i sam Access omogućuje pisanje koda u tom jeziku.

Kao što je uvodno napomenuto Access je odabran upravo iz razloga jednostavnosti korištenja. To znači da je veći dio zadataka moguće odraditi u dizajn modu, bez potrebe za pisanjem koda. Međutim, sa razvojem baze podataka ugrađeni dizajnerski alati u Accessu postaju određeno ograničenje na funkcionalnost, koja se isprva manifestira u potrebi za automatizacijom procedura u samoj bazi podataka.
Moguća rješenja za povećanje funkcionalnosti baze podataka su korištenje makronaredbi ili dodavanja VBA koda u samu bazu. Dodavanje koda je programski postupak koji koristi programski jezik Visual Basic.

Iako je mOTP u suštini softverski proizvod, istraživanje na kojem se temelji je tehničke prirode, te se u ovom radu neće previše pažnje posvetiti samoj informatičkoj komponenti metode.
Ovdje se navodi samo jedan primjer potrebe za korištenjem VBA koda u Accessu, koji nastaje uslijed ograničenja samog Accessa.
Jedno od ograničenja Accessa je broj znakova koji može sadržati izraz unutar jedne funkcije, a koji je ograničen na 255 znakova.
U slučaju većeg broja kriterija i više mogućih vrijednosti svakog od njih, može se dogoditi da funkcija za kvantificiranje određenog kriterija iziskuje izraz koji premašuje brojku od 255 znakova.
To se može riješiti podjelom složenog izraza na nekoliko funkcija. Elegantnije je napraviti izraz kao poseban modul u bazi podataka i kasnije ga koristiti „pozivanjem“ u željenu funkciju u npr. upitu. Na slici 14 je primjer za određivanje kriterija veličine izratka.



Slika 14 Visual Basic kod u OTPbp [0]

3. HIPOTEZA

Cilj istraživanja je razvoj algoritma kojim bi se na temelju digitalnog zapisa CAD 3D modela, automatizirano mogao odrediti tip izratka i njegov tehnološki proces.

Postavljeni cilj istraživanja pretpostavlja da je moguća automatizirana tehnološka klasifikacija izradaka na temelju CAD 3D modela.

U digitalnom zapisu CAD 3D modela postoje tehnološke značajke izratka koje je moguće izdvojiti u posebnu datoteku, temeljem koje se može definirati tehnološki kod izratka.

Na temelju koda izratka i izdvojenih značajki iz CAD 3D modela, moguće je definirati i tehnološki postupak obrade izratka.

HIPOTEZA:
U digitalnom zapisu CAD 3D modela sadržani su i podaci o tehnološkom procesu izrade.

Osnovna hipoteza može se rasčlaniti na nekoliko segmenata:

H1: U digitalnom zapisu CAD 3D modela postoje tehnološki značajni podaci o izratku

H2: Tehnološke značajke izratka moguće je iz CAD 3D modela izdvojiti u posebnu datoteku (.btp)

H3: Na temelju .btp datoteke moguće je definirati tip izratka

H4: Na temelju tipa izratka, i .btp datoteke moguće je definirati tehnološki postupak

H5: Moguća je automatizirana tehnološka klasifikacija izradaka na temelju CAD 3D modela

Potvrdom segmenta H3, podrazumijeva se da su potvrđena i prethodna dva segmenta u potpunosti.

Ukoliko bi se prva dva segmenta potvrdila i stvorio .btp zapis, ali on ne bi bio dostatan za određivanje tipa izratka na temelju njegova CAD 3D modela, ne bi se moglo reći da je potvrđena osnovna hipoteza.

Potvrdom segmenta H4, ujedno je potvrđen i peti segment postavljene hipoteze, odnosno je hipoteza u cijelosti potvrđena.

Automatizirana tehnološka klasifikacije izradaka na temelju CAD 3D modela, kojom se izradak povezuje sa odgovarajućim tehnološkim postupkom, nedvojbeno potvrđuje hipotezu, jer su iz digitalnog zapisa CAD 3D modela izvedeni podaci o tehnološkom procesu izrade.

4. APLIKACIJA ZA ZAPIS TEHNOLOŠKIH ZNAČAJKI 3DM (BTP)

Tehnološka klasifikacija, bez obzira na način provođenja, uvijek se temelji na povezanosti značajki izratka i mogućnosti tehnoloških postupaka. Tehnološke značajke izratka s jedne strane i tehnološki potencijal tvrtke s druge strane, ključni su podaci za projektiranje tehnoloških procesa.

U slučaju mOTP osnovni elementi tehnološkog procesa su unaprijed definirani, po čemu je i cijela metoda dobila ime.
Raspoloživi tehnološki potencijal isto tako je predodređen, kao što je ranije spomenuto kroz zamisao OTP tvornice.
Potrebni podaci za određivanje tehnoloških značajki izratka također su predodređeni OTP sustavom kodiranja izradaka.
No, tehnološke značajke razlikuju se od izratka do izratka, te ih je potrebno kvantificirati za svaki izradak posebno.

U slučaju automatizirane tehnološke klasifikacije očigledno je da je potrebna računalna aplikacija koja će iz 3DM, izdvojiti točno određene podatke potrebne za kvantificiranje tehnoloških značajki izratka.
Softver za izdvajanje značajki iz 3DM u poseban format zapisa naziva se u ovom radu „BTP aplikacija“ - BTP.[17]
Dakle, format zapisa je „.btp“, a aplikacija za kreiranje tog formata zapisa je „BTP“

Preduvjet za stvaranje .btp je veza BTP sa „.prt“ formatom zapisa.
Ova veza može se ostvariti na dva osnovna načina:

- POVEZIVANJE BTP-A SA 3DS
  - *samostalna aplikacija*
  - *kao modul 3DS*
- „UVOZ“ .PRT DATOTEKE U BTP
  - *samostalna aplikacija*

Za ovo istraživanje odabrana je mogućnost rada BTP na način da se povezuje sa 3DS i preuzima podatke dok je 3DM aktivan u 3DS. Način rada BTP je detaljno opisan u ovom poglavlju.

Rezultat rada BTP-a je .btp, odnosno potpuno strukturirani set tehnološko značajnih podataka 3DM. Strukturiranost zapisa je važna da bi se olakšali daljnje istraživačke aktivnosti.
Sadržaj .btp temelji se na podacima za koje se prije istraživanja smatralo da su tehnološki značajni, te što je još važnije i „dohvatljivi“ iz „.prt“ zapisa.
U tom smislu je izvršeno opsežno pred istraživanje vezano uz mogućnost automatskog kvalificiranja i kvantificiranja potencijalno tehnološki značajnih podataka iz 3DM.

Zaključak prethodnog istraživanja glede dohvatljivosti podataka iz CAD 3D modela je da se inicijalno planira što veći broj podataka koji bi trebali biti sadržani u .btp.
Očekivane korelacije između podataka naknadno će se utvrditi i eventualno smanjiti set potrebnih podataka.

[17] U daljnjem tekstu: BTP aplikacija = BTP

Obzirom na dohvatljivost podataka, planirani podaci se mogu svrstati u tri osnovne skupine:

- IZRAVNO DOHVATLJIVI PODACI
  - POSTOJE IZRAVNO KVANTIFICIRANI I U „.PRT“ FORMATU ZAPISA
    - masa izratka
    - momenti inercije …
- POSREDNO DOHVATLJIVI PODACI
  - MOGUĆA KVANTIFIKACIJA NA TEMELJU DVA ILI VIŠE PODATKA IZ „.PRT“ ZAPISA
    - broj površina
    - ukupni broj referentnih površina …
  - MOGUĆA KVANTIFIKACIJA NA TEMELJU VEZE PODATAKA IZ „PRT“ ZAPISA, I VANJSKIH BAZA ZNANJA
    - gustoća materijala
    - ekvivalent točnosti (odnos površinske hrapavosti i tolerancije mjera) …
  - MOGUĆA KVANTIFIKACIJA DODATNOM ANALIZOM CAD 3D MODELA
    - krajnje točke modela
    - vrste krajnjih ploha (svih 6 pogleda) …
- NEDOHVATLJIVI PODACI
  - NEPOSTOJEĆI PODACI U „.PRT“ FORMATU ZAPISA
    - *zahtjev tvrdoće*
    - *zahtjev površinske zaštite …*
  - NE JEDNOZNAČNO DEFINIRANI U “.PRT“ ZAPISU
    - *broj volumena*
    - *…*

U cilju što potpunijeg seta tehnoloških podataka 3DM, potrebno je u BTP ugraditi procedure za dohvat posredno dohvatljivih podataka. Pri tome je posebno potrebno razviti algoritme kojima se dodatno analizira 3DM.

Analizom, u postojećem stanju, nedohvatljivih podataka, utvrđeni su podaci koje bi obavezno trebalo upisati kao parametre 3DM. To su prvenstveno parametri koji se odnose na zahtjeve na izradak kao cjelinu, a u samom 3DM za njih ne postoje standardni parametri.

S druge strane, tijekom prethodnog istraživanja uočena je i mogućnost dohvata većeg broja prvobitno ne planiranih podataka.

Prvenstveno se to odnosi na podatke koji su sadržani u“.prt“ zapisu kao informacije o postupku modeliranja.

Međutim, kod eventualnog uključivanja podataka vezanih uz postupak modeliranja u .btp, potrebno je voditi računa o utjecaju konstruktora na njihovu kvantifikaciju.

Iako postoje određeni standardi za modeliranje u 3DS, nije moguće sa sigurnošću tvrditi da se oni primjenjuju u tolikoj mjeri da na sam način modeliranja kreator nema značajnog utjecaja.

Primjer je podatak o broju volumena modela, koji je izrazito ovisan o alatu 3DS koji će kreator koristiti prilikom modeliranja.

Alatom „Revolve“ može se kreirati model koji će softver prepoznati kao jedno volumeni, a korištenjem alata „Extrude“ isti model će softver prepoznati kao više volumenski. (Npr.: Osovina sa 5 stupnjeva: Revolve volumena = 1, Extrude volumena =5).

Iz tog razloga, podaci za koje je utvrđeno da mogu biti posljedica načina modeliranja, ako se i uvrste u .btp, nastojat će se ne koristiti u uzorku za istraživanje.

4.1 CAD MODELIRANJE

Postupak modeliranja vršit će se sukladno uobičajenom načinu kreiranja punih tijela u softveru PTC/CREO.
Za potrebe. btp, prilikom modeliranja potrebno je osigurati da konstruktor što potpunije definira budući izradak već u samom 3DM.
U odnosu na uobičajeno modeliranje, u 3DM trebaju biti ugrađeni i:

- PODACI O ZAJEDNIČKIM GEOMETRIJSKIM ZNAČAJKAMA
  - ZAJEDNIČKI ZAHTJEVI NA IZRADAK KAO CJELINU
    - *osnovna hrapavost površina*
    - *tolerancija slobodnih mjera, oblika i položaja*
    - *moguće korištenjem dostupnih alata 3DS (File/Prepare/Model Properties)*
- PODACI O POTREBNOJ TOČNOSTI IZRATKA
  - GEOMETRIJSKI ZAHTJEVI NA POJEDINE ELEMENTE IZRATKA (PLOHE)
    Hrapavosti površina, tolerancija mjera položaja i oblika
    - *moguće korištenjem dostupnih alata 3DS (Annotate/Annotations)*
- PODACI O POSEBNIM ZAHTJEVIMA NA IZRADAK
  - ZAHTJEVI NE VEZANI SA GEOMETRIJOM IZRATKA
    - *Toplinska obrada, površinska zaštita*
    - *Kvaliteta materijala izratka (standardna oznaka kvalitete materijala, npr. Č.0365)*
    - *Planirane proizvodna količina izaradaka*
    - *moguće umetanjem parametara u 3DM (Tools/Parameters)*

Obzirom da se projektiranje tehnoloških procesa temelji na 3DM, a ne na temelju 2D crteža, potrebno je osigurati da 3DM sadrži sve podatke koji se uobičajeno nalaze na crtežu. Prvenstveno se to odnosi na „zajedničke“ podatke o izratku, koji se u pravilu na crtežu upisuju u sastavnicu crteža.
Podatak o kvaliteti materijala je obvezujući podatak za tehnologa, ali ne i podaci o obliku i izmjerama poluproizvoda koje konstruktor uobičajeno upisuje u sastavnicu na crtežu. No, poželjno je da se i ti podaci uključe u .btp.
Svakako je potrebno osigurati i podatke koji se na crtežu naknadno dodaju na pojedine poglede crteža, a koji opisuju posebne zahtjeve na točno određene elemente izratka (površine i tolerancije mjera).

Većinu tih informacija je moguće dodati na 3DM sa postojećim alatima za 3D kreiranje. Trenutno zadnja verzija 3DS (PTC/CREO 4.0) je u odnosu na prethodnu verziju nadograđena upravo sa sustavom MBD, o kojem je već bilo riječi ranije u ovom radu. O-008
Korištenje mogućnosti 3DS ovisi o samom korisniku, ali je trend sasvim sigurno usmjeren prema potpuno definiranim 3DM, tako da se za potrebe OTP metode od korisnika ne traži ništa posebno što dobar konstruktor ionako ne primjenjuje u svom radu.

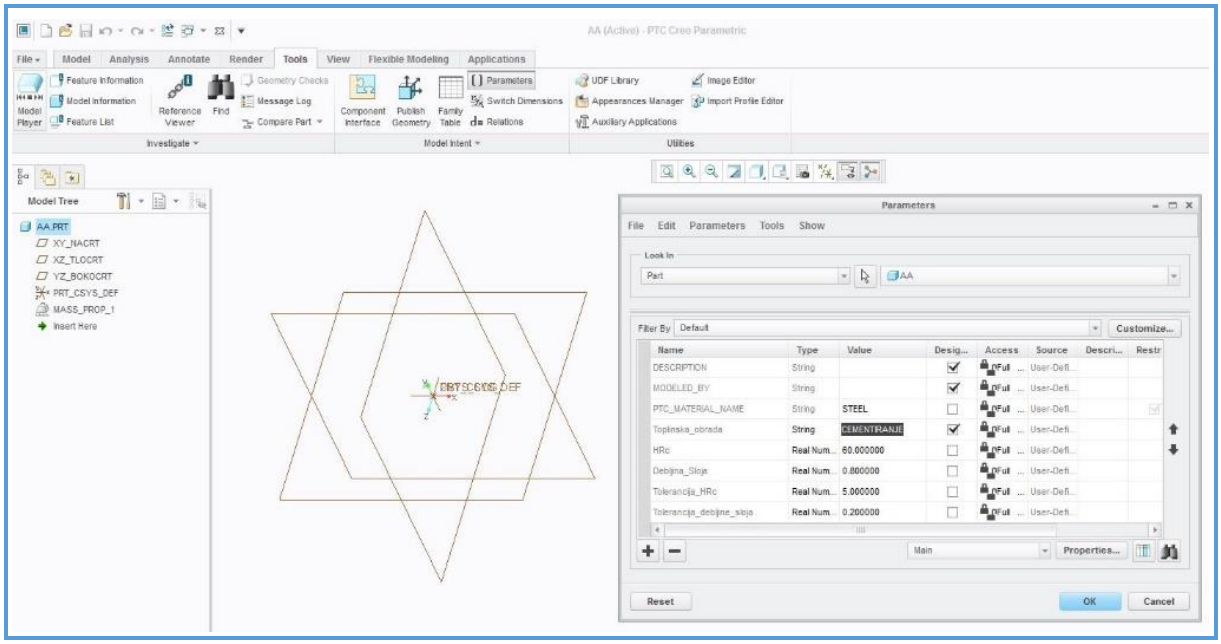
Da bi se osigurala potpuna sadržajnost seta podataka vezanih uz 3DM, svi su potrebni podaci ugrađeni kao polja u tablicama OTPbp. Većina podataka zapravo su samostalne tablice u OTPbp. Dakle, osigurani su preduvjeti da se podaci mogu pohraniti u OTPbp. No, napravljen je i korak više, i to u smjeru olakšanja upisa podataka u sam 3DM, Napravljen je posebni ekranski obrazac za unos podataka korištenjem BTP. Sve ovo u nastavku je detaljnije opisano.

4.1.1 Predložak za modeliranje

Napravljen je OTP predložak za modeliranje u 3DS. Predložak je spremljen u mapu sa drugim predlošcima 3DS, te je označen kao upravo onaj koji se otvara prilikom kreiranja novog modela krutog tijela u 3DS.
U odnosu na standardni predložak 3DS, izmijenjene su slijedeća svojstva:

- SUSTAV MJERNIH JEDINICA
  - *mmNs (milimetar, Newton, sekunda)*
  - *posljedično tome i izvedene jedinice*
    - *gustoća materijala u tonama po mm^3*
    - *masa izratka u tonama*
- MATERIJAL
  - *Čelik (općenito – iz baze 3DS)*
- ZNAČAJKE GEOMETRIJE
  - *Standard – ISO/DIN*
  - *Klasa obrade – srednja (m)*
  - *Tolerancijske tablice uključene u model – sve (generalne, bridova, rukavaca, provrta)*
- OSTALE MOGUĆNOSTI
  - *Predodređeni stil tolerancija na ekranu – ISO*
  - *Font simbola – ISO*
  - *Način pisanja tolerancija na ekranu – ISO*

U osnovi, podešena su svojstva sukladno ISO standardu. Posebno je važno napomenuti da je zadržan predodređeni sustav mjernih jedinica milimetar, Newton, sekunda (mmNs). Za mOTP to je posebno važno, obzirom da su podaci vezani uz masu izratka i momente inercije, nezavisne varijable metode.
Čak i da se 3DM temelji na nekom drugom sustavu mjernih jedinica, moguće je u BTP aplikaciju ugraditi kod kojim se može bilo koji sustav svesti na mmNs. Slično, kao što je u BTP aplikaciji napravljena mogućnost izbora točno određene kvalitete materijala, ili klasa obrade. Izravno iz BTP aplikacije može se djelovati na postavke 3DS.
Nakon toga BTP aplikacija daje točan .btp, a time i mOTP ispravne rezultate.



Slika 15 PTC/CREO 3.0 –predložak za 3D modeliranje [0]

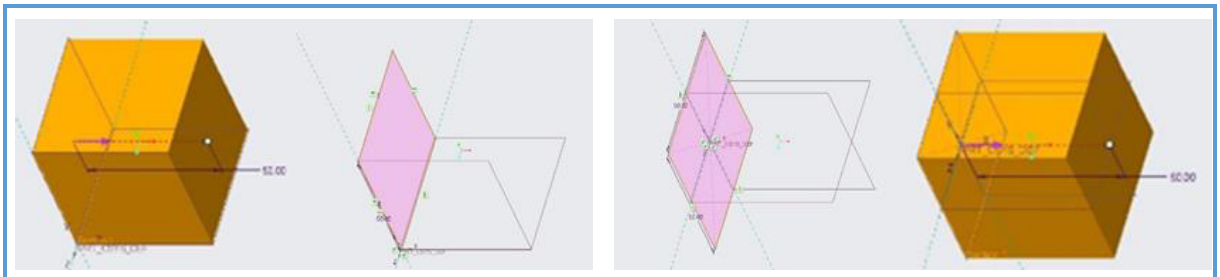
Na slici 15 prikazan je osnovni ekran 3DS, sa otvorenim prozorom parametara.

4.1.2 Preporuke za modeliranje

Generalna preporuka za modeliranje se svodi na standardizaciju postupka modeliranja. Dakle uvijek isti način modeliranja, ne ovisno o modelu koji se želi kreirati.
Najbolje je pridržavati se standardiziranih preporuka za korištenje 3DS. Budući se mOTP prvenstveno odnosi na pojedinačne „strojne“ dijelove, poželjno je da glavni koordinatni sustav 3DS bude ujedno i osnovni koordinatni sustav modela.

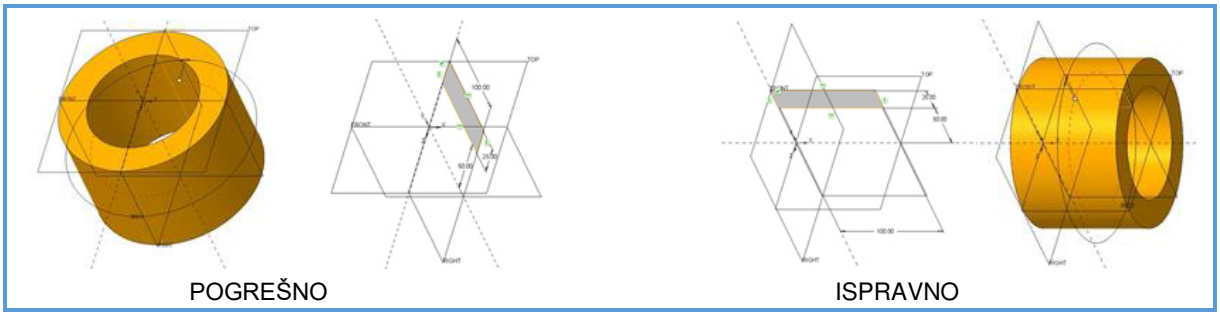
Za .btp je značajna orijentacija 3DM obzirom na glavni koordinatni sustav 3DS. U pravilu je položaj 3DM definiran položajem osnovnog tijela budućeg izratka. Najčešće je to ujedno i najveći pojedinačno volumen, koji se u pravilu kreira kao prva značajka 3DM.
Budući se .btp temelji i na dodatnim značajkama 3DM, za koje je važna orijentacija skica, pri modeliranju bi se svakako trebalo pridržavati slijedećih preporuka:

- OSNOVNI KOORDINATNI SUSTAV
  - *Nastojati izradak kreirati u odnosu na glavni koordinatni sustav*
  - *Uzdužna os izratka bi uvijek trebala biti os X koordinatnog sustava*
  - *Poprečni presjek izratka trebao bi se nalaziti u ravnini YZ, odnosno okomito na os X*
  - *Lijevo čelo izratka bi po mogućnosti trebalo biti upravo u ravnini YZ, po osi X=0*
- OSNOVNO TIJELO 3DM
  - *U postupku modeliranja osnovno tijelo se modelira prvo, i ima posebnu oznaku u 3DM*
  - *Na temelju oblika i položaja osnovnog tijela u pravilu se definira osnovni oblik izratka*
  - *Na temelju položaja osnovnog tijela određen je i položaj svih ostalih elemenata 3DM*
- OSNOVNO TIJELO KOJE NASTAJE IZVLAČENJEM (prikaz na slici 16)
  - *Osnovno tijelo koje nastaje alatom za izvlačenje (EXTRUDE) trebala bi se skicirati u ravnini YZ (RIGHT – bokocrt)*
  - *Izvlačenje osnovnog tijela po osi X u njenom pozitivnom smjeru*



Slika 16 Položaj skice osnovnog tijela 3DM (za alat koji izvlači oblik „EXTRUDE“) [0]

- OSNOVNO TIJELO KOJE NASTAJE ROTIRANJEM (prikaz na slici 17)
  - *Osnovno tijelo koje nastaje alatom za rotiranje (REVOLVE) trebalo bi skicirati u ravnini XY (FRONT – nacrt)*
  - *Uz vanjski oblik, na istoj skici istovremeno nacrtati i unutarnji profil izratka*
  - *Rotiranje skiciranih elemenata oko osi X*



Slika 17 Položaj skice osnovnog tijela 3DM (za alat koji rotira oblik oko osi „REVOLVE“) [0]

- HIJERARHIJSKI REDOSLIJED KORIŠTENJA ALATA ZA MODELIRANJE
  - *Prvo otvoriti 3D alat (extrude, revolve), pa u njemu skicirati, a ne obrnuto*
  - *Skicirati samo osnovne površine budućeg tijela, a pomoćne dodavati na 3DM korištenjem alata 3DS (alat za skošenja „Chamfer"; alat za zaobljenja „Round",…)*
- OKRUGLI (ROTACIJSKI) ELEMENTI 3DM
  - *Uzdužna os osnovnog okruglog tijela bi trebala biti upravo X os koordinatnog sustava*
  - *Nastojati ostale okrugle elemente na 3DM orijentirati na način da im je uzdužna os paralelna sa jednom od tri osnovne osi koordinatnog sustava.*
- NEPOTPUNI OKRUGLI OBLICI
  - *Bridovi koji „sijeku" kružnicu su paralelni sa osi Y ili Z*
  - *Radi se zapravo o okruglom obliku bez jednog ili dva svoja kružna odsječka*
  - *Ukoliko je moguće, primjenjivati ovo pravilo (ako je moguć slobodan izbor položaja odrezanog mjesta)*
- RUPE I NAVOJI
  - *Uzdužne rupe sa središtem u osi X kreirati osnovnim alatom (Extrude, ili Revolve)*
  - *Sve ostale rupe na 3DM modelirati alatom za rupe „Hole"*
  - *Za više rupa koristi alat za zrcaljenje „Miror" ili za raster „Patern"*
  - *Unutarnje navoje definirati istovremeno sa modeliranjem rupe. Iskoristiti dodatne mogućnosti alata za rupe (Hole/create standard hole/Adds tapping)*
  - *Za vanjske navoje koristiti značajku za dodavanje navoja na površinu (Model/Engineering/Cosmetic Thread). Ovu značajku koristiti i za unutarnje navoje u slučaju kada nisu definirati alatom za rupe „Hole".*
- PRAVOKUTNI ELEMENTI 3DM
  - *Stranice kvadrata ili pravokutnika bi trebale biti paralelne sa osi Y i Z*
  - *Uglavnom se to odnosi na prvi elemenat u strukturi modela (osnovno tijelo)*
  - *Na ostale elemente se ne može utjecati, budući ovise o geometriji izratka u cjelini*
- PRAVILNI N-KUTNICI
  - *Barem jedna stranica bi trebala biti paralelna ili sa osi Y ili sa osi Z*
  - *Za šesterokut, kao značajan OTP oblik, dvije stranice trebaju biti paralelne sa osi X ili osi Y*
  - *Osmerokut je za mOTP manje značajan oblik, a budući je simetričan po osi Y i po osi Z potrebno je samo voditi računa da se barem jedan vrh nalazi na osi Y ili Z. Može se modelirati i na općeniti način da barem jedna stranica bude paralelna sa osi Y ili Z.*
- PROFILNI OBLICI
  - *Za mOTP ovi oblici nisu od posebnog značaja, ali se ovdje navode u cilju potpunosti metode, i kao podloga za budući razvoj mOTP.*
  - *Osnovni profilni oblici su L-profil; U (ili C) profil, i I profil*
  - *Obzirom na projektiranje tehnološkog procesa značajni su ovi oblici upravo kada su ujedno i maksimalni presjek na izratku. To je iz razloga što je tada vrlo vjerojatno moguće kao polazni materijal koristiti upravo neki od standardnih profilnih poluproizvoda (kutnici , U-profili, ili neki od tipova standardnih I profila).*
- DODATNI PODACI UZ POJEDINE GEOMETRIJSKE ELEMENTE 3DM
  - *Potrebno je odmah na 3DM definirati podatke vezane uz zahtjevnost površina i preciznost ploha i bridova, te tolerancija mjera.*
  - *3DS ima modul ANNOTATE koji je upravo namijenjen za dodavanje posebnih značajki geometriji 3DM*
- ZAJEDNIČKI PODACI 3DM
  - *Potrebno je u 3DM uključiti i podatke koji nisu izravno vezani uz geometriju 3DM i samo modeliranje*
  - *Uglavnom se to odnosi na posebne zahtjeve na izradak (HRc - tvrdoća, RAL - nijansa boje površine,…)*

4.1.3 Ograničenja modeliranja

Sa stajališta mOTP, ograničenja modeliranja prvenstveno se odnose na „dohvatljivost“ tehnološki važnih značajki 3DM. Da bi se osigurao potpuni i ispravni .btp, potrebno je, uz postupak modeliranja, osigurati i sadržajnost podataka u 3DM.

Preporuke za modeliranje opisane u prethodnoj točci ovog poglavlja, mogu se smatrati rješenjem koje smanjuje ograničenja mOTP vezana uz način modeliranja. Za napomenuti je da bi se u komercijalnoj verziji mOTP ograničenja vezana na postupak modeliranja mogla gotovo u potpunosti otkloniti, odnosno učiniti neovisnim o načinu modeliranja. To se može ostvariti ugradnjom dodatnih algoritama koji bi automatizirano korigirali 3DM sukladno preporukama za modeliranje.
Primjer je mogućnost automatiziranog pomaka koordinatnog sustava na bilo koje mjesto na 3DM. Ili, drugim riječima, pozicioniranje bilo koje točke 3DM (npr. težišta) u centar osnovnog koordinatnog sustava. Time otpadaju potrebe za preporučenim smjernicama modeliranja vezanim uz položaj i orijentaciju osnovnog tijela 3DM.

Ograničenja vezana uz sadržajnost podataka prvenstveno se odnose na podatke koji nisu izravno vezani uz geometrijski oblik izratka. Uglavnom su to zajednički zahtjevi koji se odnose na izradak kao cjelinu, kao na primjer podaci o tolerancijama slobodnih mjera, ili potrebnoj zaštiti površina.
Često u 3DM model nisu uključeni ni podaci vezani uz posebne zahtjeve na točno određene geometrijske elemente, kao npr. podaci o hrapavosti površina, ili toleranciji mjera.

Sve ove podatke moguće je uključiti u 3DM korištenjem postojećih alata koji su standardno sadržani u 3DS. Za podatke vezane uz posebne zahtjeve na geometrijske elemente u 3DS postoji poseban modul (Annotate) sa nizom alata koji omogućuju upis podataka u 3DM. Za neke od zajedničkih podataka postoje već ugrađeni parametri, vezani sa tablicama predodređenih vrijednosti u 3DS. Primjer su tablice tolerancija, ili klase obrade.

Bilo koji podatak koji nije standardno predviđen u 3DS, može se upisati u 3DM kao parametar. U 3DS postoji standardni alat za kreiranje i upis parametara (Tools/Model Intent/Parametars). Radi se o vrlo moćnom alatu pomoću kojeg je u 3DM moguće dodati doslovno bilo koji podatak prema potrebi.

Dakle, korištenjem postojećih standardnih alata 3DS moguće je u 3DM ugraditi bilo koji podatak, pa je očigledno da se ne radi o ograničenju modeliranja obzirom na resurse 3DS.
Isključivi uzrok eventualnom nedostatku potrebnih podataka u 3DM je konstruktor, odnosno ne postojanje potrebe za određenim podatkom.

Za mOTP je specifično to da su potrebni podaci koje svaki 3DM treba sadržati u potpunosti definirani. Otpada uzrok po kojem konstruktor nije ima informaciju o potrebi za uključivanjem određenog podatka u 3DM. Ako se pretpostavi da konstruktor profesionalno i savjesno obavlja svoj posao, za očekivati je da će 3DM biti pogodan za mOTP.

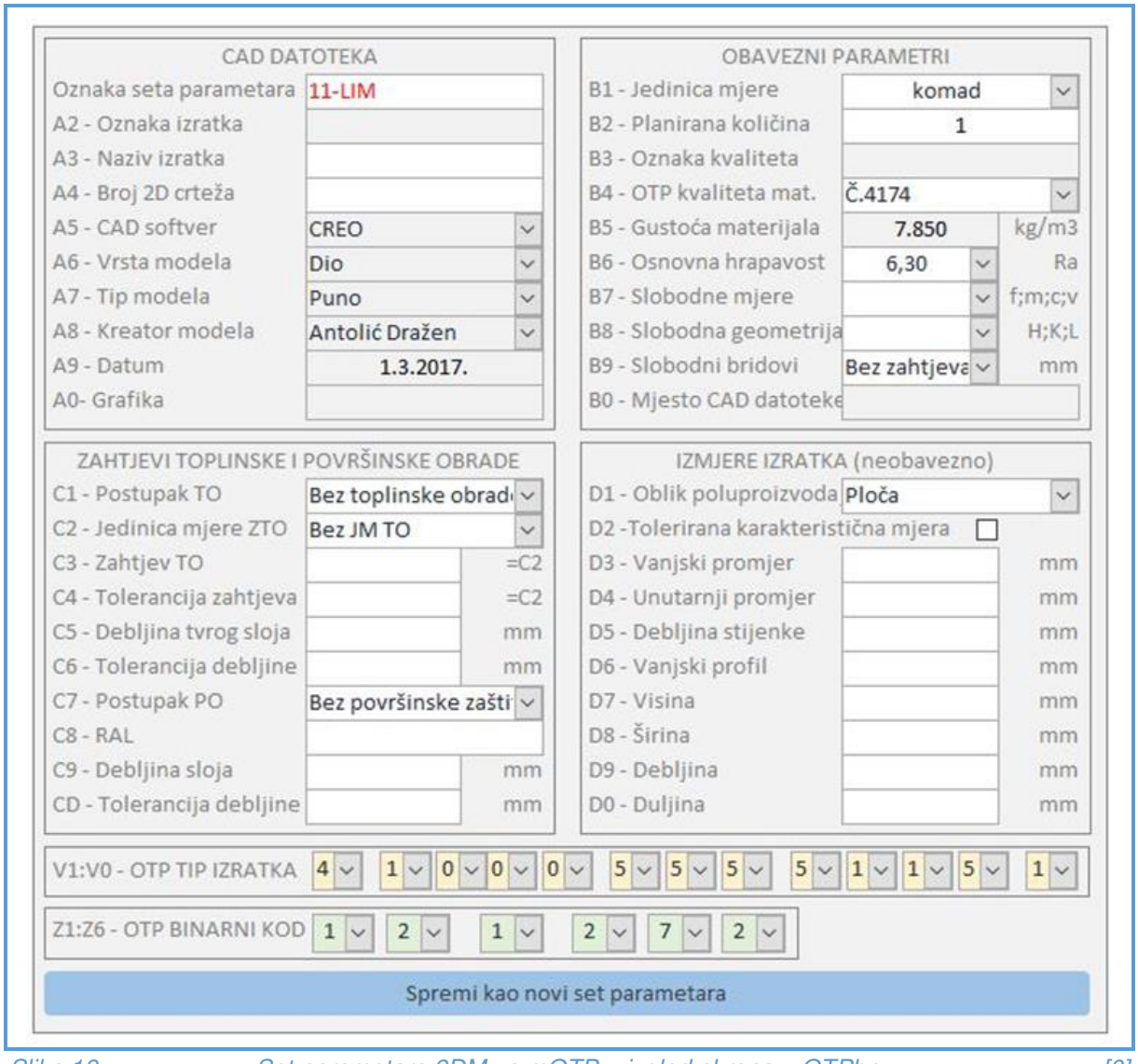
Budući se radi o potrebi za dodavanjem podataka u model, možda bi umjesto ograničenje modeliranja prikladniji naslov ovoj cjelini bio proširenje modeliranja. Proširenje modeliranja uključivanjem parametara u 3DM posebno je značajno za mOTP. Mogući načini dodavanja i upisa parametara u 3DM detaljno su opisani u slijedećem odjeljku ovog rada.

4.2 UNOS PARAMETARA U 3DM

Iako je parametre moguće kreirati i unositi izravno u 3DS, u praksi to zna biti zamoran posao, a uslijed nepreglednosti vrlo često može rezultirati i sa pogrešnim unosom parametara u model. Budući su istraživanjem 3DM sa aspekta projektiranja tehnoloških procesa točno određeni potrebni parametri koje 3DM mora sadržavati, nametnulo se rješenje da se oni ugrade u svaki 3DM.

Jedno od mogućih rješenja je definiranje tablice parametara kao sastavnog dijela predloška za modeliranje. Međutim, čak i ovaj pristup može uzrokovati pogreške u slučaju potrebe za većim brojem parametara. A za potrebe mOTP to jest slučaj.

Iz tog razloga u OTPbp kreiran je poseban skup međusobno povezanih tablica koje se odnose isključivo na potrebne parametre 3DM. Podaci su objedinjeni i prikazani u obrascu *f125SetParametara*, koji je prikazan na slici 18.



Slika 18 *Set parametara 3DM za mOTP – izgled ekrana u OTPbp* *[0]*

Kao što je na slici 18 vidljivo, parametri su podijeljeni u 4 osnovne skupine, od kojih su parametri vezani uz izmjere izratka neobavezni, odnosno se ne moraju unijeti u 3DM.

Parametri skupine V i Z ne odnose se na parametre 3DM, nego su to podaci o kodnom sustavu izratka (redak V) i izrade (redak Z). Oni su ugrađeni u ovaj ekranski obrazac iz razloga olakšanog formiranja eventualno potrebnih uzoraka za istraživanje međusobne povezanosti značajki 3DM i kodnih mjesta izratka i izrade.

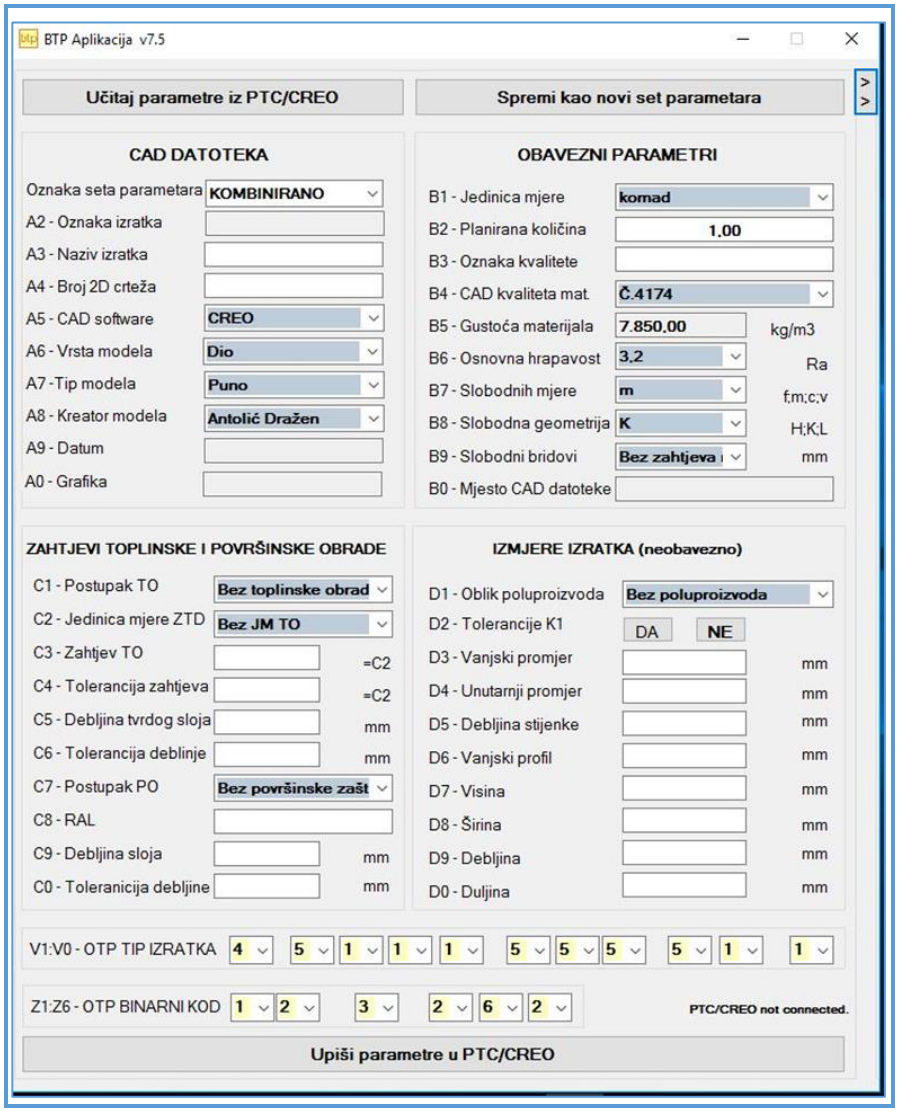
4.2.1 Metoda ručnog unosa parametara u BTP

Podatke koji ne nastaju automatski kao posljedica modeliranja, a sastavni su dio seta tehnoloških podataka, potrebno je ručno upisati kao parametre u 3DM.
Parametri se mogu ručno upisati unutar samog 3DS, korištenjem alata za dodavanje parametara u 3DM (Tools/Model Intent/Parameters).

U mOTP unos parametara u 3DM u pravilu se vrši posredstvom BTP. Razlog tome leži u činjenici da je to lakše i pouzdanije napraviti korištenjem posebne aplikacije za unos potrebnih parametara za mOTP. BTP je upravo iz tog razloga i razvijena tijekom ovog istraživanja.

Rješenje vezano uz set parametara preuzeto je iz OTPbp u BTP aplikaciju. U BTP aplikaciji napravljen je sličan ekranski prikaz parametara kao i onaj u OTPbp prikazan na slici 18. Sučelje u BTP aplikaciji koje korisnik može koristiti za upis parametara u 3DM prikazano je na slici 19.

Ručni unos podrazumijeva da kreator 3DM otvori BTP i ručno upiše vrijednosti u odgovarajuća polja na ekranskom prikazu. Pritiskom na naredbeni gumb na dnu ekrana, „Upiši parametre u PTC/CREO“ upisani podaci zapisuju se u trenutno aktivni 3DM, i postaju njegov sastavni dio.
BTP omogućuje i pozivanje parametara iz trenutno aktivnog 3DM na ekran BTP. Ovo se postiže klikom na naredbeni gumb na ekranu gore lijevo „Učitaj parametre iz PTC/CREO“.
Na ekran BTP moguće je pozvati i set preddefiniranih parametara iz OTPbp: To se postiže izborom oznake seta parametara u padajućem izborniku najgornje kombinirane kontrole na ekranu iz skupine CAD DATOTEKA“. Trenutne vrijednosti parametara prikazane na ekranu moguće je spremiti kao novi preddefinirani set parametara u OTPbp. Podaci se zapisuju u tablicu *t125SetParametara*, a to se postiže klikom na naredbeni gumb na ekranu gore desno „Spremi kao novi set parametara“.



Slika 19 Set parametara 3DM za mOTP – izgled ekrana u BTP [0]

4.2.2 Metoda pozivom pred definiranih setova parametara u BTP

Testiranjem BTP na većem broju 3DM utvrđeno je da se set parametara za slične 3DM vrlo često tek neznatno razlikuje po vrijednostima koje se ručno upisuju kao vrijednosti pojedinih parametara. Ova činjenica rezultirala je posebnom tablicom seta parametara u OTPbp, u koju je moguće upisati različite kombinacije vrijednosti pojedinih parametara u setu. Svaki zapis u tu tablicu, u OTPbp nazvanu *t125SetParametara*, moguće je pozvati na ekran BTP.

Poziv određenog seta parametara iz OTPbp u BTP vrši se aktivacijom kombiniranog okvira iz skupine parametara pod zajedničkim nazivom CAD DATOTEKA, koji se na BTP ekranu nalazi u gornjem lijevom kutu radne površine. Lijevo od kombiniranog okvira je naziv ovog parametra: „Oznaka seta parametara“. Na slici S-19 vidljivo je da je prikazan set parametara pod nazivom KOMBINIRANO. Radi se o nazivu jednog od predodređenih setova podataka u OTPbp. Mogao je na slici biti prikazan i neki drugi set podataka, pa bi u tom kombiniranom okviru pisalo npr.“11-LIM“, ili „21-OKRUGLO PUNO“, ili bilo koji drugi naziv, kako je već u OTPbp nazvan pozvani set parametara. Ovo se navodi da bi se naglasila razlika između općenite vrste kontrole BTP (kombinirani okvir), od onog što u njoj piše. Koincidencija je da je na slici S-41 baš pozvan set parametara pod nazivom „KOMBINIRANO“. Ostavljeno je namjerno, djelomično i iz razloga da se indirektno na slici naglasi o kojem kombiniranom polju na ekranu BTP se radi.

Prikazane vrijednosti pozvanog seta parametara na ekranu BTP, imaju isti značaj kao da su na ekranu BTP upisane ručno. Dakle, predstavljaju trenutno aktivne parametre. U slučaju da set parametara u potpunosti odgovara 3DM, pritiskom na naredbeni gumb na dnu BTP ekrana, upisani podaci zapisuju se u trenutno aktivni 3DM, i postaju njegov sastavni dio. Isto kao i što je to slučaj sa ručno upisanim podacima na BTP ekranu.
U slučaju da je potrebno izmijeniti vrijednost nekog parametra, to je moguće ručno napraviti kao i kod ručnog upisa vrijednosti u prazno polje. Postojeća vrijednost parametra će se promijeniti, a nakon pritiska na naredbeni gumb na dnu ekrana u 3DM se upisuju na ekrani vidljive vrijednosti parametara. Bez obzira što se neka vrijednost razlikuje od predefinirane vrijednosti za taj set pozvanih parametara iz OTPbp.

Naredbeni gumb na dnu BTP ekrana pod nazivom „Upiši parametre u PTC/CREO) ima uvijek istu funkciju. Kao što mu i samo ime govori, upis trenutno prikazanih vrijednosti parametara na ekranu BTP u aktivni 3DM. Bez obzira kako su vrijednosti na ekranu nastale.

Za napomenuti je da se ovdje radi dvosmjernoj komunikaciji. Naime, isto tako kao što je moguće da se određeni set parametara iz OTPbp pozove na ekran BTP, moguće je i trenutni set parametara koji je prikazan na ekranu BTP, spremiti kao novi set parametara u bazi podataka.
Ukoliko se izmijenjeni set parametara želi spremiti u OTPbp potrebno je promijeniti naziv seta parametara u kombiniranom polju, te pritisnuti naredbeni gumb pod nazivom „Spremi set parametara“ koji se nalazi gore desno na ekranu BTP.
Novo spremljeni set parametara povećava broj predodređenih zapis u *t125SetParametara* OTPbp. Dodan je novi zapis u bazu podataka sa svojim nazivom i primarnim ključem.

Na ovaj način se olakšava stvaranje potrebnih setova parametara tijekom korištenja BTP.
Ponovnim korištenjem BTP moguće je na ekran BTP pozvati i ovaj novi set parametara i koristiti ga kao i bilo koji drugi ranije unaprijed određeni set parametara.

4.2.3 Metoda preuzimanja parametara iz prethodnog modela u BTP

Daljnjim testiranjem funkcionalnosti BTP uočena je i potreba za preuzimanjem parametara iz prethodnog 3DM. Ovo je posebno interesantno u slučaju kada se želi brzo stvoriti relevantan uzorak za istraživanje. Moguće je da postoje 3DM koji su geometrijski različiti, a da su im vrijednosti svih parametara jednake. Na primjer, familija dijelova koja se razlikuje samo po nazivnoj mjeri, a ona se u mOTP kvantificira automatski.
Moguće je i da postoje 3DM istog geometrijskog oblika, ali im se vrijednosti nekih parametara razlikuju. Na primjer, isti izradak iz različitog materijala.

Postojanje i najmanje razlike među 3DM znači da se radi o različitim izradcima koje je potrebno spremiti svakog kao posebnu datoteku. Uobičajeno bi datoteka spremljena pod novim imenom trebala ostati aktivna u softveru u kojem je napravljena, dakle odmah spremna za daljnje uređivanje.

Nedostatak PTC/Creo je u tome što taj novo spremljeni 3DM nije aktivan u 3DS, nego je potrebno zatvoriti postojeći 3DM i otvoriti 3DM spremljen pod novim imenom.
Česta posljedica ove posebnosti PTC/Creo je uređivanje krivog 3DM. Umjesto novostvorenog uređuje se i dalje aktivni originalni 3DM. Rezultat su modeli čiji nazivi više ne asociraju na stvarno stanje modela.

Kad se već spominje nedostatak PTC/Creo, može se napomenuti i ograničenje u izboru imena datoteke. Naime PTC/Creo ne omogućava proizvoljno imenovanje datoteke, već ona mora biti bez razmaka (jedna riječ) i to sastavljena samo iz slova engleske abecede. Zbog ovog ograničenja u BTP u skupinu parametara CAD DATOTEKA dodat je i parametar „A3 – Naziv izratka“, koji se uz parametar „A4 - broj 2D crteža“ upisuje ručno u BTP. Ostali parametri iz ove skupine preuzimaju se izravno iz 3DS. Preuzima se i naziv datoteke, ali on u većini slučajeva nije upotrebljiv, pa se zato pribjeglo rješenju sa dodatnim parametrom u koji je moguće upisati bilo koji tekst. Za nadati se da će PTC/Creo u slijedećim verzijama otkloniti ove nedostatke, što bi još i dodatno smanjilo potreban ručni upis parametara u 3DM.

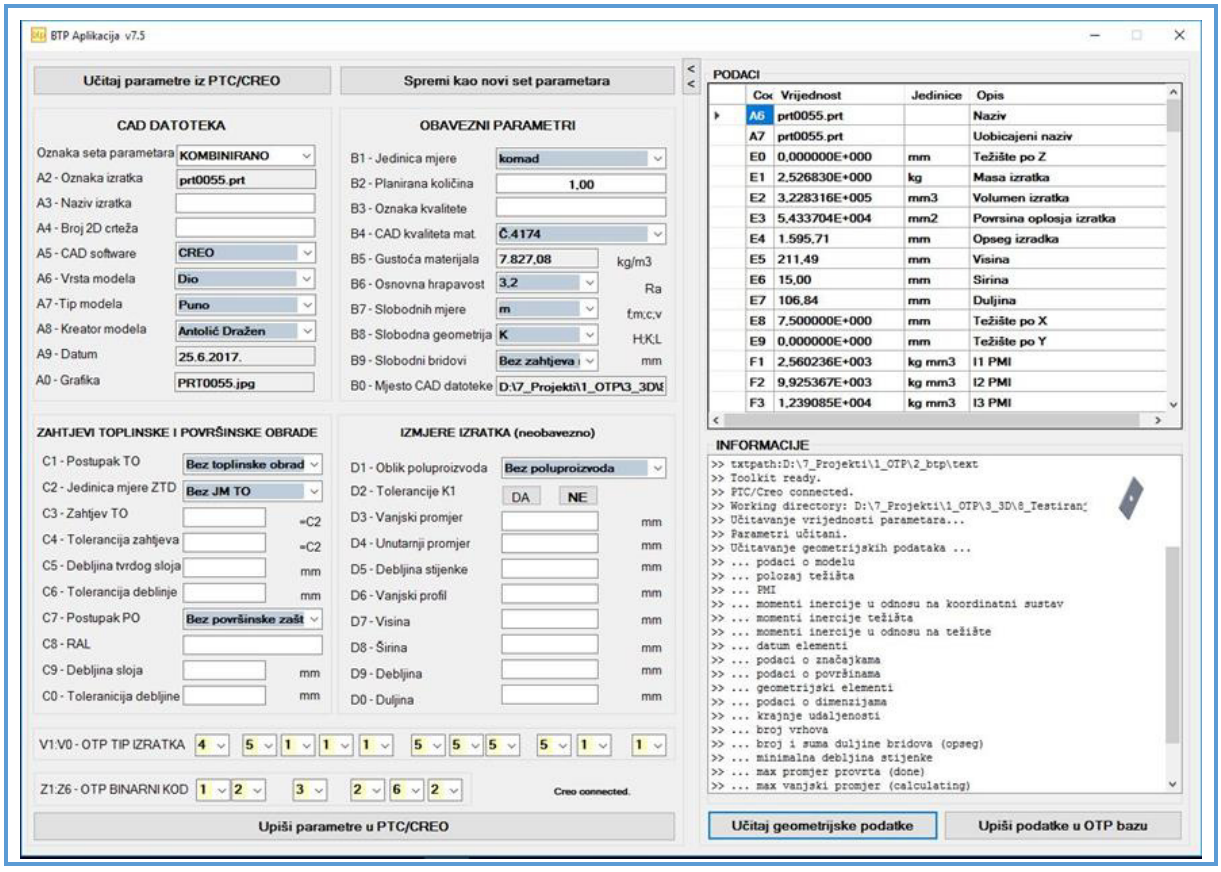
Slično kao što postoji dvosmjernost između BTP i OTPbp, ostvarena je i dvosmjernost između BTP i 3DS, pa je osim upisa parametara u 3DM moguće i pozivanje postojećih parametara iz 3DM na ekran BTP.

Pozivanje parametara iz 3DM vrši se naredbenim gumbom pod nazivom: „Učitaj parametre iz PTC/Creo“ koji se nalazi na ekranu BTP gore lijevo, iznad radne površine.
Trenutne vrijednosti parametara originalnog 3DM prikazuju se na ekranu, nakon čega ih je moguće mijenjati na isti način kao i vrijednosti pozvane iz OTPbp, ili ručno upisane vrijednosti u BTP.
Dakle iste ili promijenjene parametre već spomenutim naredbenim gumbom „Upiši parametre u PTC/Creo“ moguće je spremiti kao aktualne parametre u novokreirani 3DM.
Parametre je moguće višekratno korigirati, odnosno moguće je u istom modelu više puta koristiti obje naredbe. Dakle, i učitavati parametre iz 3DM u BTP, i iste ili promijenjene ponovno sa ekrana BTP upisivati u 3DM.
Za napomenuti je i to da je učitane parametre iz 3DM moguće pohraniti u OTPbp, kao novi zapis u *t125SetParametara*. Postupak zapisa u OTPbp je isti kao već ranije opisani.

Sva tri opisana naredbena gumba mogu se neovisno jedan o drugome koristiti u bilo kojem trenutku tijekom rada BTP. To znači da nema funkcionalnog ograničenja BTP obzirom na uređivanje i unos parametara u 3DM. Nema razloga da bi 3DM bio nepotpun.

4.3 DOHVAT PODATAKA IZ 3DM

Uz funkciju upisa parametara u 3DM, druga važna funkcija BTP je „dohvat“ podataka iz 3DM i njihov zapis u OTPbp. Ova funkcija sa programerskog stajališta puno je složenija od uređivanja podataka, iako se to na korisničkom sučelju BTP ne vidi. Na slici 20 prikazano je prošireno korisničko sučelje koje omogućuje izvršenje obje glavne funkcije BTP. Lijevi dio ekrana odnosi se na uređivanje parametara, a desni, nešto uži, dio ekrana odnosi se na uređivanje .btp.
I dok je parametarski dio ekrana uvijek vidljiv, ekran za kreiranje .btp se može po želji korisnika prikazati ili sakriti. Klikom na gumb sa strelicama lijevo-desno, u sredini na vrhu ekrana, btp. Dio ekrana može se sakriti ili prikazati.



Slika 20 Izgled ekrana BTP – prošireni ekran sa prikazom dohvata podataka iz 3DM [0]

S korisničkog stajališta dohvat podataka je jednostavniji od uređivanja parametara. Ekran za kreiranje .btp se sastoji samo od 4 elementa, od čega su samo dva naredbeni gumbi.
Naredba „Učitaj geometrijske podatke“ služi za pokretanje niza rutina koje BTP izvršava u cilju dohvata podataka iz 3DM.
Naredba „Upiši podatke u OTP bazu“ služi za upisivanje dohvaćenih podataka, i na ekranu prikazanih parametara, u odgovarajuće tablice u OTPbp.
U prozoru „PODACI“, po završetku dohvata podataka, prikazuju se svi dohvaćeni podaci iz 3DM, izuzev parametara koji su već prikazani na parametarskom dijelu ekrana.
U prozoru „ INFORMACIJE“ prikazuju se obavijesti o rutinama koje se trenutno izvode u BTP, a tiču se ili dohvata podataka, ili upisa podataka u OTPbp.

S korisničkog stajališta vrlo jednostavno. Sve što korisnik treba napraviti je pritisnuti naredbene gumbe, a sve drugo BTP izvršava potpuno automatizirano.Za napomenuti je da bi bilo moguće napraviti .btp u potpunosti automatizirano. Jednostavno bi se ove dvije naredbe mogle automatski pokrenuti nakon izvršenog upisa parametara u PTC/Creo.

Iza naoko jednostavne procedure za kreiranje .btp nalazi se složena aplikacija sa nizom rutina koje se automatizirano izvode u propisanom slijedu. Jednostavnost korištenja ukazuje na veliki programerski posao koji je to omogućio. Ipak, za funkcioniranje BTP najzaslužniji je obavljeni istraživački dio posla. Upravo istraživanjem definirani se algoritmi na kojima se temelje pojedine rutine BTP, pa i sama BTP kao cjelina.

Istraživanje mogućnosti dohvata podataka iz 3DM uvijek se rukovodilo krajnjim ciljem, a to je kvalitetan set tehnološki značajnih podataka o budućem izratku. Pri tome se smatra, da je optimalan set tehnoloških podataka onaj koji bi bio dostatan tehnologu da na temelju njega može kvalitetno projektirati tehnološki proces. Iz tog razloga se nastojalo dohvatiti, na početku istraživanja, sve planirane podatke. Uvijek je bila otvorena opcija za nadopunu planiranog seta tehnoloških podataka sa nekim ne planiranim podatkom, koji bi se tijekom istraživanja pokazao dohvatljivim, a s tehnološkog stajališta potencijalno značajnim.

Na početku ovog poglavlja podaci su već razvrstani u tri osnovne skupine obzirom na dobavljivost, i to kao izravno ili posredno dohvatljivi i nedohvatljivi. O-056
Za svaki planirani podatak je utvrđeno u koju skupinu spada, nakon čega je počelo istraživanje mogućnosti povećanja broja dohvatljivih podataka.

Najjednostavnije rješenje bilo je za planirane podatke koji su nedohvatljivi iz razloga što ne postoje u 3DM. To je riješeno uvođenjem parametara u 3DM, a realizirano kroz parametarski modul BTP. Ovo rješenje temelji se na potrebi kompletiranja 3DM od strane konstruktora, a podaci postaju dohvatljivi, i to izravno dohvatljivi. Detaljnije je opisano u prethodnom odjeljku ovog rada.

Za dohvat ostalih izravno i neizravno dohvatljivih podataka osmišljeni su više ili manje složeni algoritmi. Složenost algoritma ovisi o stupnju dohvativosti podatka.
U pravilu se za izravno dohvative podatke koristi set alata za analizu 3DM koji je sastavni dio 3DS (Analysis/Toolkit), a za neizravno dohvatljive podatke potrebno je napisati i VBA kod (programski jezik Visual Basic).
Određeni broj podataka temelji se na prebrojavanju istovrsnih elemenata u 3DM, pa je potrebno koristiti interne varijable uz petlje za prebrojavanje, a vraća se rezultat u vidu jednog podatka.

Međutim, i uz sve te napore još uvijek je ostalo planiranih podataka koje nije bilo moguće dohvatiti, odnosno kvantificirati. Prvenstveno se to odnosi na potrebne podatke za određivanje tehnološkog oblika izratka. Istraživanjem je i za dobar dio tih podataka pronađeno rješenje. I to u vidu dodatnih značajki koje se ugrađuju u 3DM isključivo za potrebe BTP, ali koje nemaju nikakav utjecaj na značajke samog 3DM. Primjer je dodatna značajka „Rupa“ koja je detaljnije opisana u nastavku ovog rada.

Uz dodatne značajke istražena je mogućnost i korištenja posebnih alata za geometrijsku analizu 3DM. Posebno je primijenjena metoda projiciranih zraka, koja je u nastavku ovog rada isto detaljno opisana.

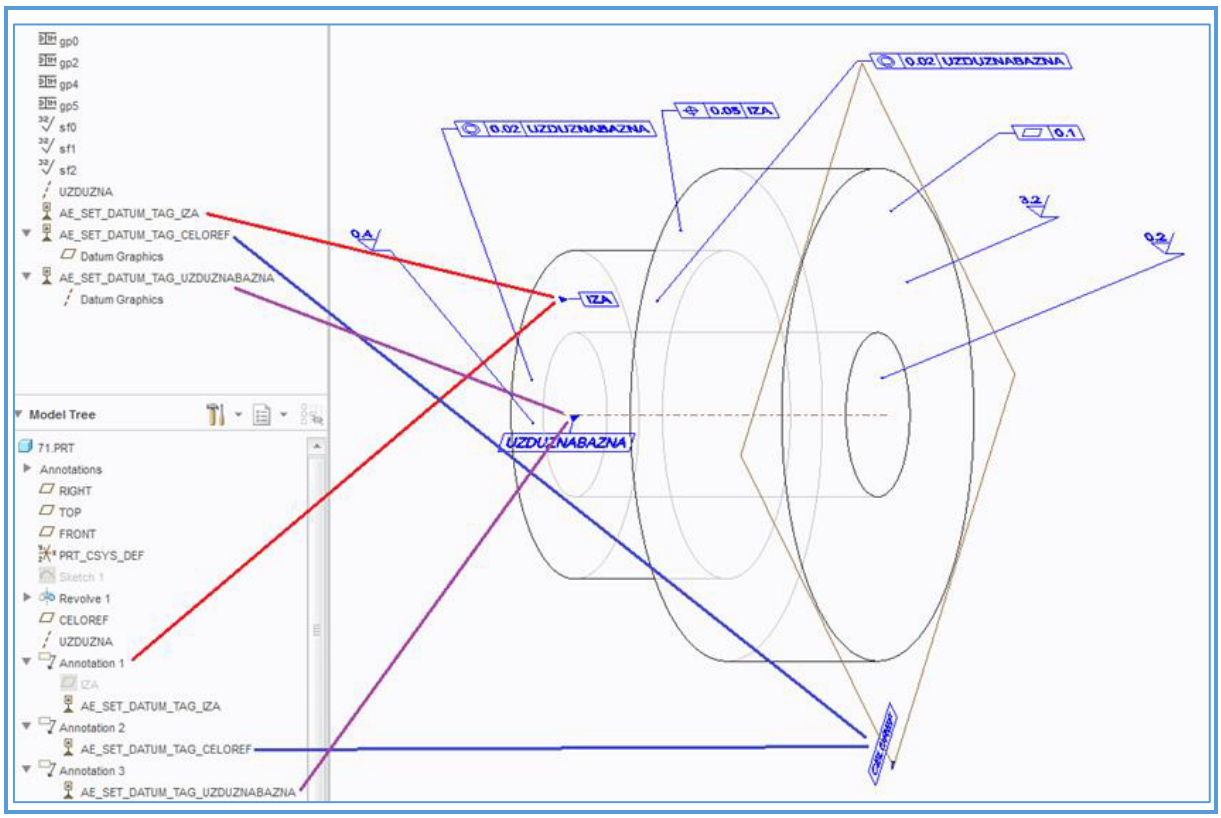
Za napomenuti je da se istraživanjem mogućnosti primjene dodatnih značajki u 3DM i projiciranih zraka na geometriju otvorio čitav niz mogućnosti dohvata podataka koji prvobitno nisu ni bili planirani.

U nastavku je detaljnije opisano nekoliko načina dohvata podataka.

4.3.1 Podaci koji su izravno dohvatljivih u 3DS

Uz parametre koji su već detaljno opisani, izravno se mogu dohvatiti i podaci koji su posljedica izravnog korištenja nekog od standardnih alata za modeliranje. Radi se o samostalnim podacima, pri čemu se podrazumijeva da su samostalni podaci oni čije vrijednosti ne zavise od vrijednosti drugih podataka 3DM.
Vrijednosti ovih podataka zapisane su 3DM kao svojevrsni interni parametri 3DS, uz koje je uvijek vezan i podatak uz vrstu funkcije (alat 3DS) temeljem kojeg su objekti kreirani u 3DM.

Izravno dohvativi podaci su često sadržani u značajkama koje se nalaze u stablu modela. Tipični predstavnici su podaci koji su nastali korištenjem nekog od alata iz skupine koja omogućuje dodavanje komentara uz osnovni objekt 3DM. (ANOTATE/Annotations, ili ANOTATE/Annotation Features, ili ANNOTATE/Datums).
Na slici 21 prikazan je 3DM sa dodatnim oznakama (komentarima) vezanim na hrapavost površina i toleranciju oblika i položaja, te njihov zapis u stablu modela.



Slika 21 *3DS – izravno dohvativi podaci (značajke iz stabla modela)* *[0]*

Uglavnom se mogu dohvatiti podaci o postojanju ili ne postojanju određenih vrsta objekata u 3DM. Moguće je i njihovo prebrojavanja po vrsti, čime se dobiva podatak o ukupnom broju istovrsnih objekata u 3DM. Dakle, ne samo kvalitativna informacija o postojanju, nego i kvantifikacija zastupljenosti pojedinih objekata u 3DM.

Iako je za prebrojavanje istovrsnih podataka potrebno u BTP ugraditi tu mogućnost, radi se o relativno jednostavnom algoritmu tako da se ti podaci u mOTP smatraju izravno dohvativim podacima.

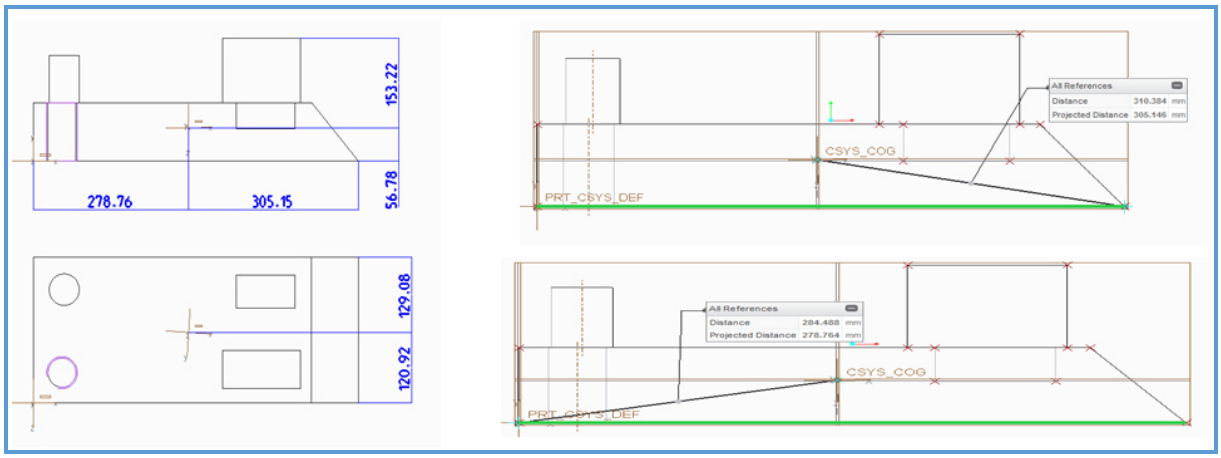
4.3.2 Podaci koji nisu izravno dohvatljivi u 3DS

Za razliku od izravno dohvativih podataka, ne izravno dohvativi u pravilu nisu samostalni, nego ovise i o drugim objektima 3DM. Iako je temelj dohvata podataka sličan kao i kod neizravnih, značajna razlika je u složenosti potrebnog algoritma u BTP za njihov dohvat.

Za neizravno dohvatljive podatke u pravilu se radi o složenijim algoritmima koji se temelji na privremenim varijablama u BTP, te postupcima zasnovanim na računalnim petljama.
Dok se npr. broj kota u 3DM može kvantificirati jednostavnim algoritmom u BTP, definiranje kote sa najmanjim tolerancijskim poljem iziskuje značajnije složeniji programerski kod.
Umjesto jednostavnog pretraživanja modela, te povećanja privremene vrijednosti varijable broj kota za 1 prilikom pronalaska svake nove kote, u ovom slučaju je potrebno istovremeno pratiti više varijabli. Uz varijablu broja kota potrebno je memorirati i njenu vrijednost, te za svaku novopronađenu kotu vrijednost uspoređivati sa do tada najmanjom. Postupak može biti i dodatno otežan ako se tolerancijsko polje kota izražava različito za pojedine kote. Npr. rukavci u sustavu IT, a dužinske mjere u mm. Pri tome je još moguća i situacija u kojoj je jedna dužinska kota naznačena kao simetrično odstupanje od nazivne mjere, neka druga kao nominalna vrijednosti, a mogu postojati i slobodne kote za koje vrijedi tolerancija slobodnih mjera.

Navedeni primjer ukazuje na moguću složenost algoritma za utvrđivanje najstrožeg zahtjeva na preciznost mjera. Međutim ovaj tip podataka svakako ne spada u najsloženije algoritme koji su ugrađeni u BTP u cilju dohvata neizravno dohvativih podataka. Složenost algoritma broju podataka na temelju kojih je definiran konačni podatak koji se želi dohvatiti.

Na slici 22 prikazan je problem dohvata podataka o gabaritima 3DM.



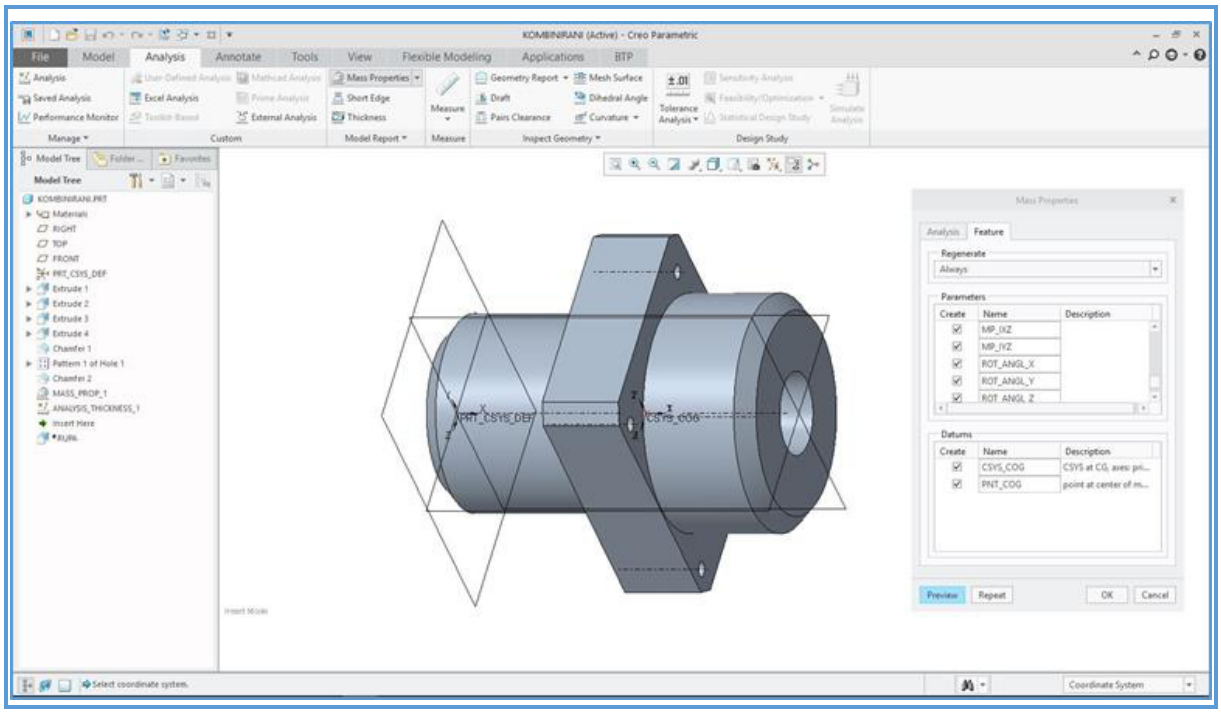
Slika 22 Temelji algoritma BTP za neizravan način dohvata podataka o gabaritima 3DM [0]

Problem je što model može biti orijentiran bilo kako u prostoru, pa koordinate krajnjih udaljenosti po glavnim osima koordinatnog sustava nisu vjerodostojan podatak vezan uz gabarite 3DM. Da bi se riješio ovaj problem BTP algoritam se temelji na koordinatama točke težišta modela, kao jednoznačnoj točci u prostoru.

Udaljenost vrhova 3DM od težišta ne definiraju se prostornom udaljenošću, nego projiciranom udaljenošću u svaku od promatranih osi. Zbroj krajnjih udaljenosti od težišta u oba smjera po svakoj osi daje podatak o gabaritu 3DM po promatranoj osi, odnosno za sve tri osi podatak o gabaritima 3DM u prostoru.

4.3.3 Podaci koji se temelje na dodatnim standardnim alatima 3DS

Sastavni dio 3DS je i čitav niz alata koji ne služe izravno za modeliranje, a za mOTP su posebno interesantni alati za analizu 3DM. I to prije svega geometrijsku.
Na slici 23 prikazan je izgled ekrana 3DS u slučaju kada je otvorena traka sa alatima za analizu.



Slika 23 PTC/Creo – standardni alati za analizu i dodavanje značajki u model [0]

Korištenje alata za analizu ne utječe na sam 3DM, budući se radi o informativnim alatima. Mogu se koristiti u bilo kojem trenutku modeliranja. Za provjeru određenih značajki 3DM, najčešće u samom tijeku modeliranja, kao pomoć za nastavak modeliranja. Ili na kraju modeliranja u cilju provjere 3DM.

Za mOTP je interesantna analiza 3DM nakon potpuno završenog modeliranja. Podaci koji se alatima za analizu mogu dohvatiti velikim dijelom su tehnološki značajni, pa prema tome i poželjni dio seta podataka koji se želi dohvatiti. Posebno se to odnosi na podatke koji su rezultat korištenja alata čija je osnovna svrha izvještavanje o 3DM kao cjelini. Radi se o alatima čije su ikone smještene u posebnom okviru trake alata (Analysis/Model Report).
Međutim, podaci prikazani na ekranu 3DS ne mogu se izravno dohvatiti pomoću BTP, pa ih je potrebno na neki način trajno spremiti u 3DM.
Za mOTP najpogodnija mogućnost spremanja podataka je u vidu kreiranja nove značajke 3DM. Ovim načinom spremanja rezultati se kao posebna značajka dodaju u hijerarhijsko stablo modela.
Na slici 23 na lijevom dijelu slike se vide nove značajke, a u desnom dijelu slike prikazan je otvoreni prozor alata za analizu, unutar kojeg se može definirati koje od mogućih podataka se želi uključiti u novu značajku 3DM.
Nakon što se značajka uključi u hijerarhijsko stablo modela, omogućuje se i izravan dohvat bilo kojeg od kvantificiranih podataka koji sadrži ova značajka. Potrebno je samo voditi računa da dodatne značajke budu uvijek na dnu hijerarhijskog stabla modela. Naime, rezultati analize odnose se samo na elemente modela koji se u hijerarhijskom stablu nalaze iznad značajke nastale dodatnim standardnim alatom 3DS.

Za .btp potrebno je dodati dvije nove značajke nastale na standardnim alatima 3DS za analizu modela. Dostupna značajka koja vraća podatke o broju bridova u odnosu na zadanu duljinu brida, nije korištena u ovom istraživanju. Razlog je što autor smatra da ne bi doprinijela kvaliteti .btp. Naime rezultat korištenja alata je broj bridova koji su manji od zadane vrijednosti. Potrebno bi bilo odrediti koja je to granična vrijednost duljine brida za koju bi se vršilo prebrojavanje bridova u modelu. Nije isti značaj broja bridova, npr. manjih od 10 mm u modelu čiji su gabariti do 100 mm, ili u modelu gabarita većih od 1.000 mm. Podatak o broju bridova određene duljine može se dohvatiti u sklopu dohvata podataka o hijerarhijskoj strukturi objekata modela.

Alat za dohvat osnovnih svojstava 3DM (Mass Properties), kao i alat za utvrđivanje minimalne debljine stjenke (Tkickness) imaju mogućnost tri načina korištenja rezultata. Uz mogućnost brzog pregleda, moguće je podatke spremiti i kao posebnu datoteku na disk računala. U mOTP koristi se treća opcija, a to je ali dodavanje rezultata analize kao posebnu značajku u stablo modela.

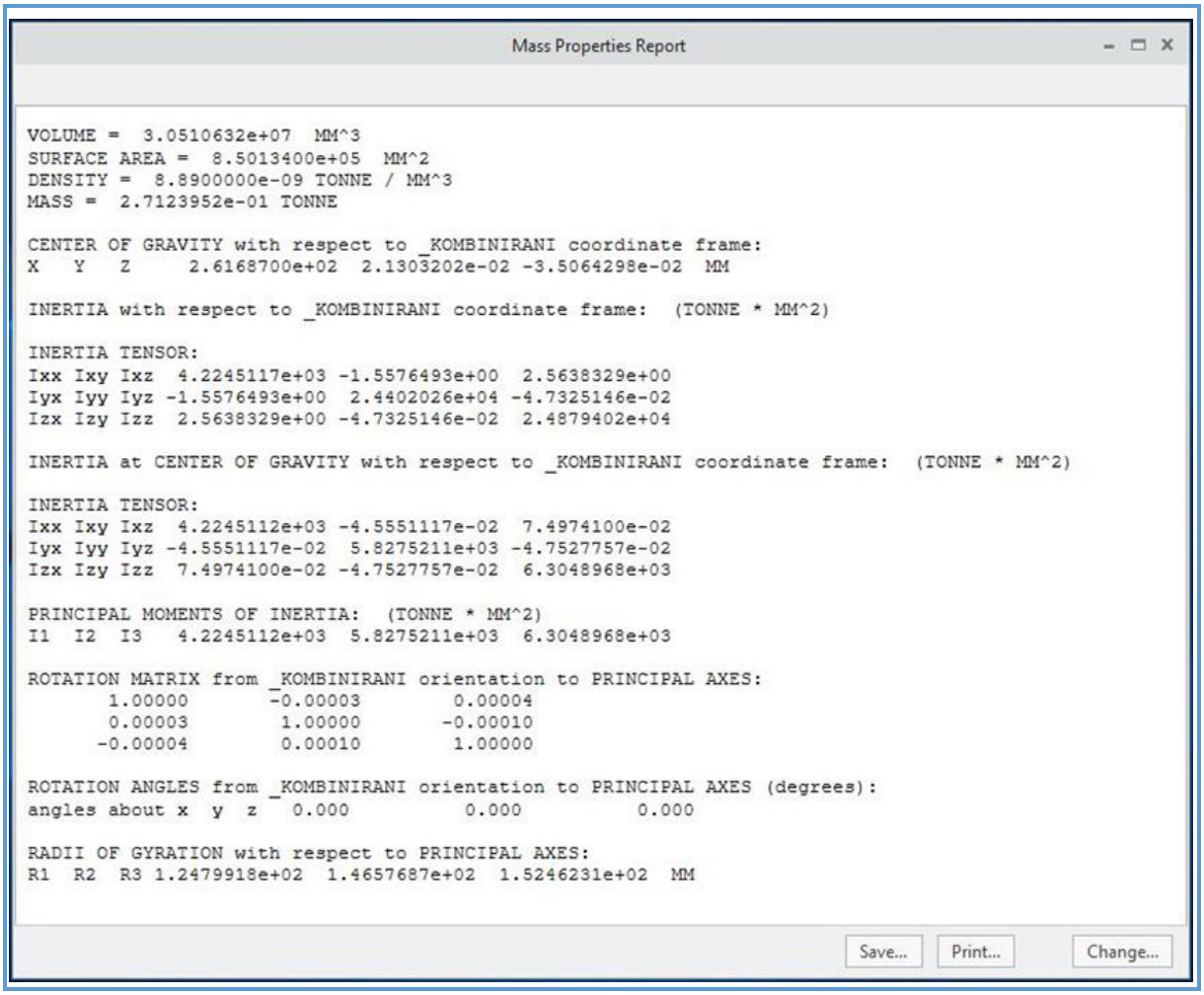
Iako je postupak dodavanja značajki u stablo modela poznat, za pretpostaviti je da ga prosječni konstruktori ne rabe često. Iz tog razloga potrebno je na ovaj zahtjev specifičan za potrebe mOTP posebno upozoriti konstruktora.
Potreban postupak opisan je u nastavku, na primjeru dodavanja osnovnih svojstava modela u stablo modela.

- OSNOVNA SVOJSTVA MODELA
  - NAČIN POKRETANJA ALATA (MASS PROPERTIES)
    - *Analysis*
    - *Mass Properties (ikona u okviru Model Report)*
    - *Otvara se prozor Mass Properties*
  - POSTUPAK IZBORA ZNAČAJKI KOJE SE ŽELE UKLJUČITI U MODEL
    - *Sve se obavlja unutar ranije otvorenog prozora Mass Properties*
    - *Klikne se na strelicu u kombiniranom okviru dolje lijevo*
    - *Nakon što se otvori padajući izbornik sa opcijama (Quick, Saved, Feature) odabrati opciju Feature (kliknuti lijevim mišem na nju).*
    - *Kliknuti na naredbu Preview u donjem lijevom kutu prozora*
    - *Kliknuti na naredbu Feature u glavnom izborniku na vrhu prozora*
    - *Otvaraju se okna unutar kojih je moguće odabrati parametre i stvoriti točku u težištu modela (Za mOTP aktiviraju se svi. Ujedno se i odabire, ostavlja predodređeni zahtjev da se podaci osvježe nakon svake promjene modela.)*
    - *Kliknuti na OK, i značajka se automatski pod novim imenom dodaje u stablo modela.*

Potreba za ovim aktivnostima konstruktora može se smatrati određenim ograničenjem na modeliranje zbog mOTP.
Moguće je ovo ograničenje izbjeći na način da se u samom 3DS napravi slijed postupaka (makro) koji će automatizirano izvršiti sve naredbe koje bi inače trebao napraviti konstruktor. U tom slučaju je dovoljno da konstruktor samo klikne na ikonu ranije napravljenog makroa, i dodatna značajka će postati sastavni dio hijerarhijskog stabla modela. Moglo bi se to čak i dodati u BTP na način da se prije upisa parametara u 3DM automatski pokrene napravljeni makro u 3DS.
Slično je i sa debljinom stjenke, za koju se postupak ovdje neće posebno opisivati.

Dakle, ovaj obavezni zahtjev na dodavanje značajki u stablo modela ne bi trebao predstavljati veće ograničenje.

Alatom za analizu debljine stjenke, omogućuje sa dohvat samo jednog podatka, a to je minimalna debljina stjenke 3DM.
Minimalna debljina stjenke na izratku tehnološki je značajan podatak. Na primjer na temelju ovog podatka može se odlučiti da li je izradak moguće napraviti lijevanjem, i to kojim ljevačkim postupcima. U OTPbp uz svaki ljevački postupak upisana je i minimalna debljina stjenke koja se tim postupkom može postići. Ako postoji podatak o minimalnoj debljini stjenke izratka, jednostavnim postupkom usporedbe moguće je eliminirati postupke koji ne mogu ostvariti traženu „tankoću“ stjenke.
Minimalna debljina stjenke značajna je i za ostale vrste obrade, uključujući i OOČ obzirom na sustav IZRADAK-ALAT-STROJ.
Autor ovog istraživanja smatra da je vrijedno uložiti dodatni trud pri modeliranju da bi se dohvatio podatak o minimalnoj debljini stjenke.
Za razliku od alata za debljinu stjenke koji rezultira samo jednim podatkom, alat za osnovna svojstva izratka rezultira većim brojem tehnološki značajnih podataka. Stoga uopće nije upitno da je ovaj alat potrebno koristiti pri modeliranju i rezultate uvrstiti kao značajku u stablo modela.
Umjesto pojedinačnog nabrajanja podataka koji se mogu dohvatiti u .btp zahvaljujući ovom alatu, ma slici 24 prikazan je rezultat analize modela alatom Mass Properties.



Slika 24 Izvještaj o osnovnim svojstvima 3DM na temelju alata 3DS Mass Properties [0]

Potrebno je obratiti pozornost na jedinice mjere u kojima su podaci iskazani i u BTP ugraditi algoritme koji će vrijednosti preračunati u tehnologu uobičajene mjerne jedinice (npr. masa izratka umjesto u tonama u kilogramima), što je i učinjeno.

4.3.4 Podaci za koje je potrebne dodati posebne značajke u stablo modela u 3DS

Korištenje standardnih alata 3DS za analizu 3DM, uz dohvat konkretnih podataka tijekom ovog istraživanja, rezultiralo je i idejom o mogućnosti kreiranja vlastitih alata koji bi se ugradili u 3DS u cilju dohvata tehnoloških značajki 3DM.
Jedno od mogućih rješenja je dodavanje vlastitih, posebno osmišljenih značajki u stablo modela. U ovom istraživanju te se značajke nazivaju zajedničkim imenom posebne značajke.

Moguće je napraviti različite posebne značajke, ali je svima zajedničko:

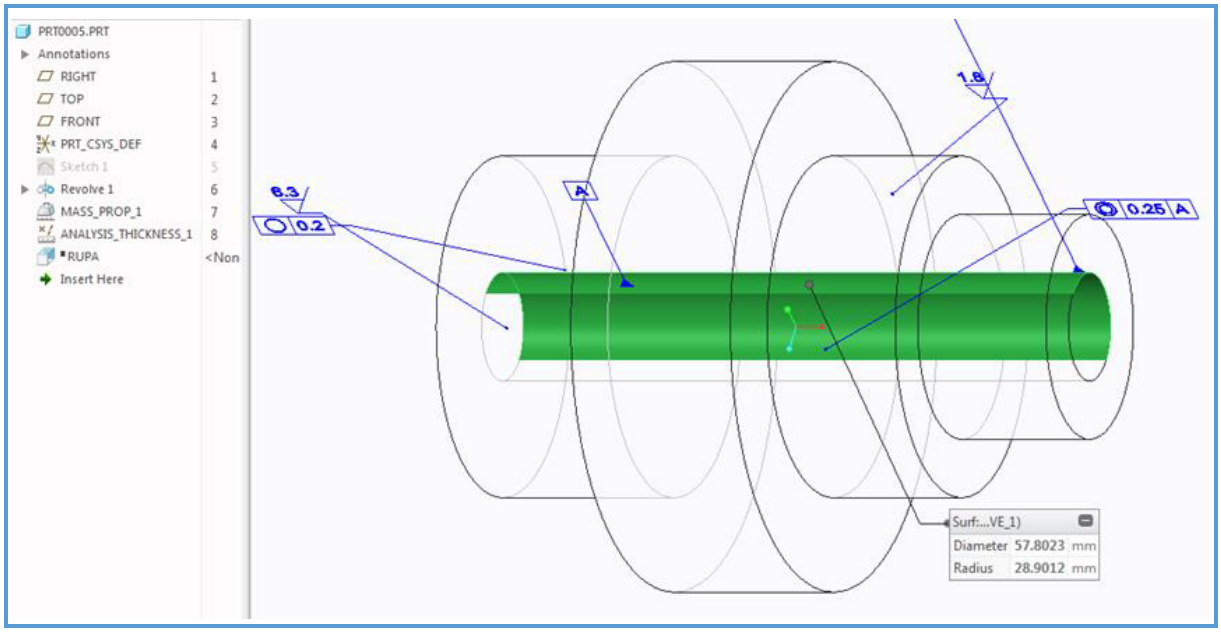
- CILJ
  - *Dohvat točno definiranog tehnološkog svojstva 3DM*
  - *U pravilu se dohvaćaju podaci vezani uz geometrijski oblik 3DM*
  - *Rezultat treba biti kvantificirana vrijednost podatka*
- VRSTA
  - *Mjeriteljska značajka.*
    Ne smije utjecati na sam izgled ili svojstva 3DM u konačnom stanju
  - *Naziv posebne značajke mora biti jednoznačno definiran. Za istu tehnološku značajku koja se želi dohvatiti koristi se uvijek ista, posebna značajka 3DM istog naziva. Dakle, ne ovisno o modelu, u stablu modela posebna značajka mora uvijek imati isto ime.*
  - *Ovo je iz razloga da bi je algoritam BTP mogao prepoznati tijekom izvođenja svojih rutina*
- NAČIN KREIRANJA
  - *Kreira se na temelju tehnološkog svojstva koje se želi dohvatiti. U pravilu predstavlja neki geometrijski entitet*
  - *Pri kreiranju mogu se koristiti svi standardni alati 3DS*
  - *Kreirati se mogu ručno, poluautomatizirano ili potpuno automatizirano. Zavisi o složenosti posebne značajke. Poluatomatiziranost podrazumijeva korištenje točno definiranog slijeda aktivnosti tijekom kreiranja posebne značajke (makro 3DS).*
  - *Posebna značajka je parametarskog tipa, odnosno oblik i geometriju entiteta koji stvara definiran je na temelju varijabli, a ne kao konstantna vrijednost. Npr. promjer je definiran varijablom d_R, a ne brojkom (promjer je npr. 50 mm ako je d_R = 50 mm)*
  - *Sprema se na način da se dodaje u stablo 3DM*
- NAČIN RADA
  - *Dinamički alat. Mijenja svoja stanja ovisno o naredbama izvana (iz BTP).*
  - *Osnovno stanje u stablu modela je to da je značajka neaktivna. Ne utječe na 3DM*
  - *Aktivira se naredbom izvana (iz BTP) i u tom trenutku utječe na svojstva 3DM*
  - *Trenutne vrijednosti 3DM se uspoređuju sa konačnim vrijednostima 3DM, a razlika se evidentira kao međurezultat na temelju kojeg se definira daljnji iterativni postupak*
  - *Iterativnim postupkom mijenja se vrijednost varijabli posebne značajke, posredno i oblik ili mjere entiteta koji trenutno nastaje na temelju aktivne posebne značajke*
  - *Nakon promjene se ponovno uspoređuje nova trenutna vrijednost 3DM sa vrijednostima 3DM kada je posebna značajka neaktivna (konačne vrijednosti 3DM)*
  - *Iteracija se nastavlja dok razlika ne bude unutar propisanog intervala.*
  - *Nakon završetka iteracije podatak koji se posebnom značajkom mjeri zapisuje se kao parametar u 3DM, a sama posebna značajka se deaktivira.*
- REZULTAT RADA
  - *Ostvarenje cilja u vidu dohvatljivog parametra sa kvantificiranim podatkom o tehnološkom svojstvu za koje je posebna značajka stvorena.*
  - *Kvantificirani podatak (za prolaznu rupu npr. d_R=20 mm, ili d_R=0, ako se radi o punom komadu, a ne cjevastom).*

Postojanje uzdužne prolazne rupe na izratku, svakako je jedan od tehnološki značajnijih podataka o izratku. Budući se ovaj podatak nije uspio dohvatiti postojećim, ranije opisanim, mogućnostima, napravljena je posebna značajka koja to omogućuje.

Detaljan opis osnovnih elemenata algoritma za dohvat podatka o postojanju ili ne postojanju uzdužne prolazne rupe, te mjerenju promjera prolazne rupe ako ona postoji, dat je u prilogu ovog rada [C]. U nastavku se ovdje navode samo osnovne informacije.

Algoritam se temelji na informaciji o volumenu izratka.
Zamisao je da se utvrđivanje postojanja prolazne uzdužne rupe utvrdi usporedbom volumena 3DM u konačnom stanju i volumena tog istog 3DM, ali u nekom međufaznom stanju u kojem je aktivna posebna značajka.

Provedba je moguća na način da se na dno hijerarhijskog stabla u 3DM umetne značajka 3D elementa modela koja nastaje izvlačenjem kružnice, i to sa oduzimanjem mase (EXTRUDE/CUT alat u 3DS). Radi se o posebnoj značajki koje je u mOTP nazvana „RUPA“.



Slika 25 *Dodatna značajka „RUPA“* *[0]*

Na slici 25 je prikazana posebna značajka „Rupa“ u 3DS. Vidi se da je značajka preimenovana u „RUPA“ i da se nalazi na dnu stabla modela. Kvadratić prije imena posebne značajke označava da se radi o posebnoj značajci, koja ne utječe na konačna svojstva 3DM.

U stablu modela postoji značajka pod nazivom „MASS_PROP_1, u kojoj su sadržani osnovni podaci o 3DM kao cjelini. Jedan od njih je i podatak o volumenu budućeg izratka. Ovi podaci se odnose na konačno stanje 3DM, te su za svaki 3DM nepromjenljivi. Zbog toga moraju biti u stablu modela na dnu, nakon svih elemenata koji čine 3DM kao cjelinu.

Kada BTP aktivira dodatnu značajku „Rupa“ mijenja se stanje 3DM, pa se mijenja i vrijednost podatka o trenutnom volumenu budućeg izratka.
Trenutna vrijednost volumena 3DM ovisi o promjeru kružnice na kojoj se temelji dodatna značajka „RUPA“:
Promjer „RUPE“ moguće je mijenjati iz BTP, a nakon završetka mjerenja važno je da BTP deaktivira značajku rupa u stablu modela, čime se osigurava da izmjereni promjer nema utjecaja na sam 3DM, model se vraća u svoje konačno stanje.
BTP uspoređuju se ova dva podatka, a moguća su dva rezultat mjerenja:

- KVALITATIVNA PROVJERA
  - *Traženi podatak ove provjere je podatak o postojanju uzdužne prolazne rupe na 3DM*
  - *Aktivira se „RUPA“ sa početnim - minimalnim promjerom kružnice 1mm*
  - *Ukoliko postoji razlika u trenutnom volumenu 3DM i volumenu 3DM kada „RUPA“ nije aktivna može se zaključiti da se radi o „punom komadu“, odnosno o izratku bez prolazne uzdužne rupe.*
  - *Daljnja iteracija nije potrebna*
- KVANTITATIVNA PROVJERA
  - *Traženi podatak ove provjere je promjer rupe* (d_R)
  - *Ukoliko je u prvom koraku utvrđeno da se radi o „punom komadu“ može se zaključiti da je* $d_R = 0$
  - *Ukoliko je* $d_R \neq 0$*, što ujedno znači i da je* $d_R > 0$ *potrebno je provesti iterativni postupak povećavanja promjera rupe dok se ne dođe do promjera na kojem ne postoji razlika trenutnog i konačnog volumena 3DM.*
  - *Promjer na kojem se o utvrdi ujedno je i promjer uzdužne prolazne rupe* $d_{R_{i=n}} = d_R$.

Mogući nedostatak iterativne metode je potreban broj koraka, koji proporcionalno raste sa veličinom 3DM, ili sa potrebnom preciznošću mjerenja. Potreban broj koraka je kvocijent nazivne mjere promjera i željene preciznosti mjerenja (toleriranog intervala odstupanja):

$$n_i = \frac{d_R}{\Delta d_{R_i}}$$

Za npr. rupu promjera od 25 mm sa željenom točnošću mjerenja od 0,1 mm potrebno bi bilo 250 iteracijskih koraka. Kao što je već spomenuto sa povećanjem promjera ovaj broj proporcionalno raste, pa bi za npr rupu promjera 100 mm bilo potrebno 4 puta više iteracijskih koraka, odnosno 1.000 mjerenja. U cilju ubrzanja metode, odnosno smanjenja potrebnog broja koraka u iteraciji istraženo je nekoliko mogućnosti.

Kao konačno rješenje za mjerenje promjera rupe u BTP je primijenjena metoda bisekcije, odnosno skokovita iterativna metoda približavanja nazivnoj mjeri promjera prolazne uzdužne rupe. Prije same izrade algoritma metoda je testirana u MS Excel softveru pri čemu je utvrđeno da je moguća kvantifikacija uzdužne prolazne rupe 3DM:

- U OGRANIČENOM BROJU KORAKA
  - *Ni u jednom proizvoljnom primjeru potreban broj koraka nije bio veći od 30*
  - *Ovaj broj koraka odgovara potrebnom broju iterativnih koraka za rupu promjera 3 mm uz točnost mjerenja od 0,1 mm*
- SA TEHNOLOŠKI ZADOVOLJAVAJUĆOM TOČNOŠĆU
  - *Točnost se izračunava na jednu desetinku milimetra*
  - *Sa neznatnim povećanjem broja koraka moguće bi bilo točnost povećati na unutar 0,01 mm.*

Ovdje je potrebno napomenuti da se ne može ostvariti apsolutna točnost mjerenja, i to zbog ograničenja samog 3DS. Iako se izračun vrši na 7 decimalu, pri čemu se utvrdi volumen 3DM na 99,9999%, postoji i ograničenje maksimalne apsolutne točnosti modela. Apsolutna točnost modela je vezana sa veličinom modela (Absolute accuracy = Relative accuracy * Part Size). Budući je maksimalna relativna točnost modela koja se može zadati u PTC/Creo =0,0001, proizlazi da je alatima za mjerenje geometrije 3DM moguće odstupanje od nazivne mjere, npr. 0,1 mm za nazivu mjeru od jednog metra.
Odstupanje izmjerene od stvarne mjere prenosi se i na matematički izračunata svojstva 3DM, pa tako i na podatak o volumenu izratka. A na usporedbi volumena temelji se iteracijski postupak vezan uz posebnu značajku „Rupa“. Međutim s tehnološkog stajališta to ne predstavlja nikakvo ograničenje za mOTP. U tablici 24 prikazan je ekran MS Excel aplikacije na kojem se temelji algoritam BTP za dohvat podatka o prolaznoj rupi u 3DM.

Tablica 24 MS Excel – algoritam za provjeru iterativnog postupka posebne značajke „RUPA“ [0]

ALGORITAM ZA PRIBLIŽAVANJE MAKSIMALNOM PROMJERU PROLAZNE RUPE								
Korak	RUPA			Polje	d_K	1	d_U	121,70
i	d_{R_i}	Δ_{m_i}	k_i	$\Delta_{d_{R_i}}$	d_M	100	k	**3**
i	mm	kg		mm	$\Delta_{R=U}$	0,01	n	**17**
U n=	**17**	koraka			rezultat je cjevasti model prolazne rupe du=		**121,70**	mm
1	1,00	NE		100,00				
2	100,00	NE		*100,000*				
3	200,00	DA	3	*100,000*				
4	150,00	DA	4	*-50,000*				
5	125,00	DA	5	*-25,000*				
6	112,50	NE	5	*-12,500*				
7	118,75	NE	5	*6,250*				
8	121,88	DA	8	*3,125*				
9	120,31	NE	8	*-1,563*				
10	121,09	NE	8	*0,781*				
11	121,48	NE	8	*0,391*				
12	121,68	NE	8	*0,195*				
13	121,78	DA	13	*0,098*				
14	121,73	DA	14	*-0,049*				
15	121,70	DA	15	*-0,024*				
16	121,69	NE	15	*-0,012*				
17	121,70	NE	15	*0,006*				

Opisana zamisao može se koristiti i za kvalitativnu i kvantitativnu analizu i drugih tehnoloških značajki. Npr. može se istražiti da li 3DM ima pravokutni uzdužni otvor, odnosno radi li se o pravokutnim cijevima kao mogućem polaznom materijalu.
Moguće je utvrditi i radi li se o kvadratnim ili raznostraničnim pravokutnim cijevima kao mogućem polaznom materijalu za izradu.
Postupak se može kombinirati sa rezultatom značajke „RUPA“, pa je moguće kao početne vrijednosti po osima Y i Z odabrati na temelju podatka o promjeru prolazne rupe.

Uz manje izmjene, opisana zamisao može se primijeniti i za podatke vezane uz oblik izmjere krajnjih vanjskih površina po sve tri osi.
Za razliku od opisane metode u kojoj je temelj za odluku o nastavku iterativnog postupka bila razlika volumena 3DM u odnosu na volumen u trenutnom iterativnom postupku, kod vanjskih oblika temelj iteracije je ne postojanje ili postojanje volumena 3DM u trenutnom iterativnom koraku.
Kada iteracija dosegne vrijednost bez volumena, znači da nema ploha (bridova) koji bi bili izvan trenutnog promjera značajke „Rupa“. To znači da je izmjereni promjer jednak promjeru opisane kružnice.

4.3.5 Podaci koji se mogu dohvatiti korištenjem posebnih metoda u 3DS

Opisani postupak u prethodnoj točci, kao što je navedeno, mogao bi se koristiti za dohvat različitih tehnološki važnih značajki vezanih uz geometriju i oblik 3DM.
Navedena metoda iziskuje dodavanje značajki u 3DM, što u svakom slučaju iziskuje dodatno vrijeme modeliranja, a povećava i broj elemenata u hijerarhijskom stablu modela.

Iz tog razloga u mOTP za potrebe definiranja oblika i mjera 3DM (geometrija) koristi se dodatni univerzalni alat koji se temelji na projiciranju zraka na model. Zraka je pravac beskonačne duljine, koji može biti usmjeren u bilo kojem smjeru u prostoru.
Ovom metodom zraka se projicira iz točno određene točke u određenom smjeru (XYZ), a geometrija koja je pogođena zrakom vraća se kao rezultat mjerenja.
Metoda presijeca samo 3D geometriju i zahtijeva 3DM kao ulaz, a to je upravo pogodno za BTP aplikaciju, odnosno OTP metodu koja se temelji na 3DM.

Osnovne značajke metode:

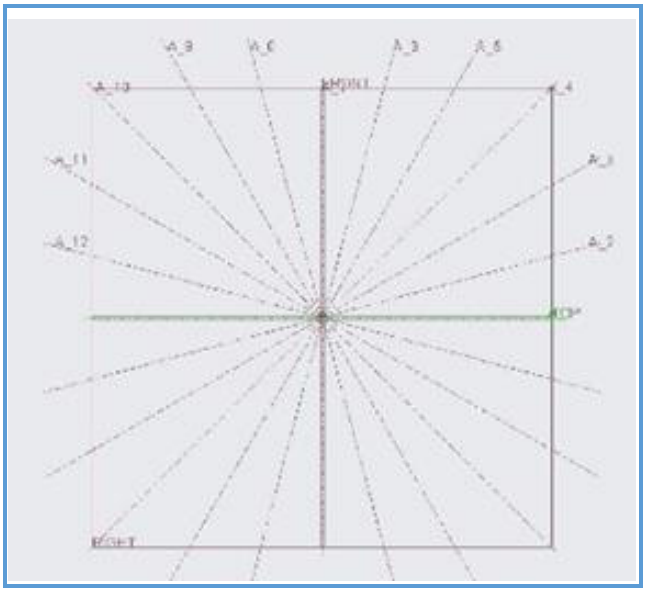
- METODA PRIHVAĆA
  - *XYZ startnu točku zrake*
  - *XYZ smjer zrake*
  - *3D prikaz modela (View 3D)*
- METODA REZULTIRA (VRAĆA PODATKE)
  - *XYZ sjecište zrake sa plohom 3DM*
  - *Koordinate za sva sjecišta jedne zrake sa geometrijom 3DM*
  - *Posredni podatak je i broj sjecišta zrake sa geometrijom*
- OGRANIČENJA METODE
  - *Definira samo objekte koji se nalaze ispred zrake*
  - *Ne daje podatke o elementima koji nisu aktivni u hijerarhijskom stablu (to upravo pogoduje BTP aplikaciji)*

Zamisao autora ovog rada je da se primjenom korištenja alata za projiciranje zraka utvrdi konfiguracija 3DM kao cjeline.
Iako je rezultat mjerenja projiciranim zrakama naizgled vrlo jednostavan, na temelju podataka o koordinatama i broju sjecišta zrake sa geometrijom, moguće je odgovarajućom pripremom mjerenja i naknadnom obradom izmjerenih podataka definirati presjek 3DM u bilo kojoj ravnini. Pri tome se presjek u promatranoj ravnini može utvrditi na bilo kojem mjestu po okomitoj osi na promatranu ravninu od središta osnovnog koordinatnog sustava.

Da bi se to omogućilo potrebno je umjesto pojedinačnih mjerenja jednom zrakom, primijeniti istovremeno mjerenje (iz iste točke) setom unaprijed određenih mjernih zraka.
Dobiveni rezultat za sve zrake promatra se kao cjelina, a tada je moguće analizom podataka, na temelju međusobnih odnosa sjecišta svih pojedinih zraka sa 3DM zaključivati o geometrijskim značajkama 3DM.
Pri tome su značajne osnovne ravnine XY; XZ i YZ, koje su okomite na osi osnovnog koordinatnog sustava. Moguće je napraviti posebna mjerenja za svaku od tri osnovne ravnine, što bi rezultiralo osnovnim projiciranim pogledima na 3DM.
Iteracijom po okomitoj osi na promatranu ravninu moguće je odrediti sve promjene presjeka 3D modela po osnovnim osima, a time i konfiguraciju izratka kao cjeline.

Za mOTP najznačajnije je utvrđivanje oblika presjeka 3DM uzduž osi X, odnosno u ravnini YZ.

Za potrebe OTP metode koristi se radijalni set zraka koji čine 24 zrake, a koje sve leže u ravnini YZ (bokocrt – RIGHT), pod međusobnim kutom od 15°. Osnovne značajke radijalnog seta zraka prikazane su na slici 26, te u tablici T 25.



Slika 26 Radijalni set zraka [0]

Tablica 25 Međusobni odnosi radijalnog seta zraka [0]

OSNOVNA ZRAKA		POVEZANA ZRAKA		
Redni broj	Kut zrake u odnosu na os Z+	komplementarna	zrcalna preko osi Z	zrcalna preko osi Y
j	φ	$\overleftrightarrow{j}$	$\underset{\sim}{j}$	$\tilde{j}$
1	0	13		13
2	15	14	24	12
3	30	15	23	11
4	45	16	22	10
5	60	17	21	9
6	75	18	20	8
7	90	19	19	
8	105	20	18	8-6
9	120	21	17	9-5
10	135	22	16	10-4
11	150	23	15	11-3
12	165	24	14	12-2
13	180	1-13		13-1
14	195	2-14	12-14	14-24
15	210	3-15	11-15	15-23
16	225	4-16	10-16	16-22
17	240	5-17	9-17	17-21
18	255	6-18	8-18	18-20
19	270	7-19	7-19	
20	285	8-20	6-20	18
21	300	9-21	5-21	17
22	315	10-22	4-22	16
23	330	11-23	3-23	15
24	345	12-24	2-24	14

Napomene:
Kut zraka se iskazuje u stupnjevima (°)
Zrake se ne zrcale preko odabrane osi (leže na toj osi)
Puni zapis parova zraka po odabranom kriteriju

Iako bi se moglo govoriti i o samo 12 pravaca ko ji izlaze iz osi X koordinatnog sustava usmjerenih u oba smjera od osi X, bolje je promatrati zrake od ishodišta na osi X pojedinačno.

Očigledno je da su na istom pravcu zrake pod međusobnim kutom od 180°.
Za definirani set zraka kod kojih je susjedni kut 15° svakoj zraci je komplementarna zraka udaljena 12 mjesta od nje.

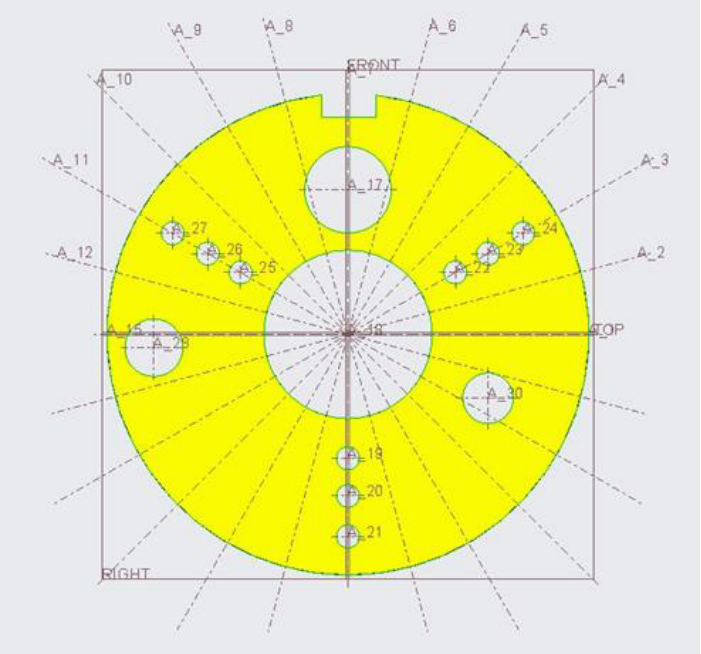
Zrake je moguće označiti rednim brojem od 1 do 24, a kut svake zrake je točno definiran i nepromjenljiv za geometrijsko mjerenje u mOTP.
Ova činjenica pogoduje mogućnosti prikazivanja svakog pojedinog sjecišta (točke u prostoru – „MT“), kako u pravokutnom, tako i u polarnom koordinatnom sustavu.
Dakle moguće je svaku točku sjecišta zapisati na dva načina:

- $MT= (X;Y;Z)$
- $MT= (R;\varphi)$

U mOTP je komponenta polarne koordinate R (udaljenost od središta, „radijus“) posebno značajna za daljnju analizu, pa ju je potrebno uključiti u izvorni zapis. Svako sjecište zrake zapisat će se istovremeno u oba koordinatna sustava. Cjelovit zapis sjecišta je:

- $MT= (X;Y;Z;R;\varphi)$

Jedno mjerenje setom radijalnih zraka može se nazvati „mjerna slika“ a za ovo istraživanje relevantne su samo mjerne slike po osi X, odnosno u ravnini YZ. Obzirom na udaljenost radijalnog seta zraka po osi X od središta koordinatnog sustava, utvrđuje se na temelju mjerne slike oblik presjeka 3DM na točno toj udaljenosti po osi X.



Slika 27 Mjerenje radijalnim setom zraka – mjerna slika [0]

Na slici 27 vidljivo je da zrake mogu imati različit broj sjecišta (*nMT*), pa je za svaku zraku potrebno zapisati koordinate svih sjecišta sa plohama na 3DM (X; Y, Z; r; φ).

Dakle, uz potrebu za oznakom zrake u setu, potrebno je označiti i svako njeno sjecište.
Općenito oznaka sjecišta je: $MT_{i;j;k}$
gdje je :
MT – točka u kojoj zraka sječe plohu na 3DM
i - redni broj mjerenja (broj poprečnog presjeka, udaljenost po osi X)
j – redni broj zrake u radijalnom setu (1=0°; 2=15°; 3=30°; …)
k – redni broj točke na istoj zraci (počevši od najbližeg osi X pa do najudaljenijeg)

Sukladno tome se označavaju i podaci o sjecištu:

$$MT_{1;1;1}(X_{1;1;1}; Y_{1;1;1}; Z_{1;1;1}; r_{1;1;1}; \varphi_{1;1;1})$$

Tri su moguće osnovne razine analize rezultata mjerenja:

- ANALIZA NA RAZINI ZRAKE (k)
  - *Bilo koja pojedinačna zraka*
  - *Analizira se broj sjecišta i koordinate sjecišta*
  - *Zaključuje se o poprečnom i uzdužnom obliku izratka*
- ANALIZA NA RAZINI PRESJEKA (j=1 do j=24)
  - *Set radijalnih zraka*
  - *Analizira se međusobni odnos rezultata pojedinih zraka iz seta (24 zrake)*
  - *Zaključuje se o vanjskom i unutarnjem obliku izratka*
- ANALIZA NA RAZINI CJELOVITOG 3DM (i=1 do i=n)
  - *Svi setovi radijalnih zraka*
  - *Analiziraju se svi utvrđeni poprečni presjeci*
  - *Zaključuje se o osnovnom obliku izratka*

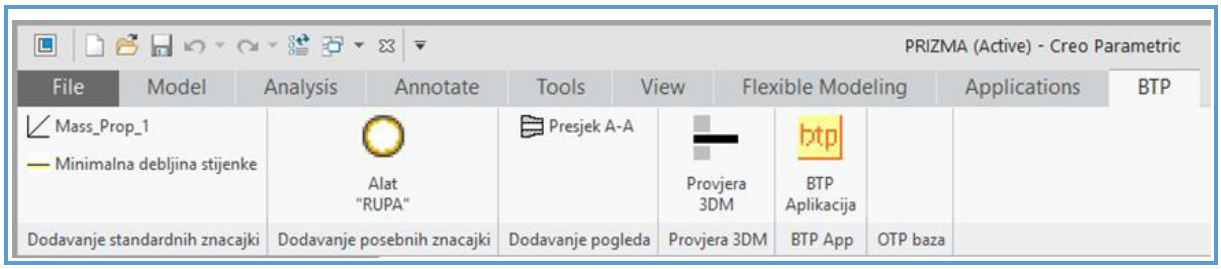
Neovisno o tome da li se analiza vrši u samoj BTP, ili kasnije u OTPbp, rezultati se temelje na sirovom zapisu rezultata mjerenja radijalnim setom zraka. Sirovi podaci se upisuju u OTPbp u tablicu *t126Zrake*.

4.4 BTP ZAPIS

Postojanje seta tehnoloških podataka o 3DM u digitalnom obliku dostupnom za daljnju analizu, pretpostavka je tehnološke klasifikacije, odnosno kodiranja izratka i izrade. Ponovit će se ovdje još jednom značenje često korištene kratice u ovom radu .btp. Upravo je to kratica za digitalni format zapisa tehnoloških značajki CAD 3D modela, odnosno btp zapis (.btp).

Rješenje realizirano ovim istraživanjem je .btp koji se ostvaruje posredstvom posebno napravljene računalne aplikacije (BTP), a zapisuje se u posebno kreiranu bazu podataka (OTPbp). U ovom istraživanju BTP povezuje OTPbp, i točno određeni 3DS, i to CAD softver PTC/Creo 4.0.
BTP potpuno automatizirano zapisuje podatke u OTPbp iz trenutno aktivnog 3DM u 3DS.
Samo korištenje BTP je izuzetno jednostavno i svodi se na aktiviranje samo dva naredbena gumba na ekranu. „Učitaj geometrijske podatke“ i „Upiši podatke u OTP bazu“. Moguće bi bilo oba naredbena gumba spojiti u jedan, na način da se podaci upisuju automatizirano u OTPbp odmah po učitavanju geometrijskih podataka. Moglo bi se i sve skupa pokrenuti iz PTC/Creo u istom trenutku kada se poziva BTP.

Međutim, unos parametara ne može se izbjeći, jer se radi o značajkama budućeg izratka, koje konstruktor ionako mora na neki način i negdje dokumentirati. Radi se, dakle o ulaznim podacima, a tu BTP samo pomaže konstruktoru. Ulazni modul BTP zapravo je dio koji na određeni način pripada funkcijama modeliranja. Uzimajući u obzir i činjenicu da se ne radi o komercijalnoj, već istraživačkoj varijanti BTP, ostavljeno je rješenje sa 2 naredbena gumba.
Vezano uz modeliranje, tijekom istraživanja napravljen je i posebni skup alata koji je ugrađen u sam 3DS u cilju osiguranja da se za mOTP potrebne značajke sigurno i lako dodaju u 3DM. Dodatne značajke su ranije opisane, a na slici 28 prikazana je BTP dodatna skupina alata u alatnoj traci u 3DS.



Slika 28 BTP skupina u alatnoj traci u PTC/Creo 4.0 (istraživačeva inačica) [0]

Iako je prvotno zamišljeno da se svi podaci zapisuju u samo jednu tablicu u OTPbp, rezultati istraživanja su pokazali da je .btp optimalnije zapisati u nekoliko međusobno povezanih tablica u OTPbp.
Posljedica je to kvalitete razvijene BTP, koja je omogućila dohvat tehnoloških značajki 3DM za koje se na početku istraživanja nije ni očekivalo da će biti dohvatljive.
Sve su tablice međusobno povezane sa jedinstvenom oznakom (primarnim ključem) 3DM, a koji se sa svakim dodavanjem novog 3DM u OTPbp automatski upisuje u tablicu *t120btp*, i to u polje pod nazivom A1.

Općenito, svi podaci u tablicama u koje BTP zapisuje podatke dio su .btp, pa tako i računski podaci koji se kreiraju automatizirano u samoj tablici.
U nastavku su posebno opisane sve tri cjeline vezane uz .btp.

4.4.1 BTP zajednički podaci

Terminom „zajednički podaci“ podrazumijevaju se podaci koji se odnose na 3DM kao cjelinu. Moglo bi se pojednostavljeno govoriti i o sumarnim podacima. Ti podaci zapisuju se u samo jednu tablicu u OTP bazi podataka, i to u tablicu *t120btp*.
Ujedno je to i prva tablica u koju BTP upisuje podatke, i sa čijim poljem A1 su povezane sve ostale tablice u koje BTP zapisuje podatke.
Na slici 29 je prikazan ekranski obrazac za prikaz zajedničkih podataka.

btp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
A	1.473	disertacija.prt	3DM	87-5	CREO	Dio	Puno	ADR	17.10.2017.	
B	kom	12,00		Č.1221	7.850	6,300.00	m	K	0,2/45	3D\8_Testiran
C	CEM	HRc	55	50	1,0	0,8	GAL	Bruniranje crn	1,000	0,005
D	OK	0				32,00				70,00
E	0,228	2,9047E+04	1,0101E+04	2,3391E+03	70,00	32,00	36,95	28,03	0,00	-0,02
F	2,3200E+01	1,0841E+02	1,0846E+02	0,096	-0,054	0,000				70,00
G	2,3200E+01	0,0000E+00	5,1685E-02	0,0000E+00	2,8761E+02	0,0000E+00	5,1685E-02	0,0000E+00	2,8765E+02	36,95
H	2,3200E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	1,0841E+02	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	1,0846E+02	32,00
I	2,3200E+01	0,0000E+00	-8,0071E-02	0,0000E+00	1,0841E+02	0,0000E+00	-8,0071E-02	0,0000E+00	1,0846E+02	36,95
J	2	61	144	82	290	22	0	1	58	32,00
K	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0
L	42	16	26	28	4		0	1	0	1
M	19	12	7						29	33
N	136	116	0	36	0	0	6	1	5	36,94
O	28,03	**70,00**	41,97	16,00	**32,00**	16,00	18,45	**36,95**	18,50	0,00
P	58	34		6	5	55	3	3	2	8,2769E+04
R	3	4	1	4	4	1	0	5	8	7,5028E+04
S	1,60	0,050	0,100	0,035			8		0,035	7,5028E+04
T	Ravna	8,2791E+02	1,6560E+02	Luk	48,20	16,24	Odstojanje	48,20	34,95	1,50
U										0,00
V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z	1	1	1	1	1	1		1	1	1

Zapis: 1 od 30 | Nema filtra | Pretraži

Slika 29 *Ekranski obrazac za prikaz zajedničkih podataka 3DM* *[0]*

Budući se radi o velikom broju različitih podataka, podaci su matrično adresirani, i to u 22 retka i 10 stupaca.
Zbog preglednosti nastojalo se podatke iste skupine uvrštavati u isti redak matrice, sukladno planiranim skupinama prikazanim u tablici 1.O-020
Zbog brojnosti, podaci nisu imenovani po asocijativnom, odnosno opisnom principu. Bilo bi previše podataka sa sličnim nazivima, što bi otežalo kasnije snalaženje, pa i obradu podataka.

Adresa svakog pojedinog podatka ujedno je i njegov naziv u OTPbp. Nazivi podataka idu od A1 do Z0, a ime dobivaju po sjecištu polja koje zauzimaju u matrici
Obzirom na način dohvaćanja podataka, u ovu skupinu su uvršteni podaci neovisno o načinu njihova dohvata. Izuzetak su podaci za čiji je dohvat korištena metoda projiciranih zraka.
Različitost pozadinskih boja na ekranskom obrascu označava slijedeće vrste podataka:

- *Crveno /roza) – podaci za koje postoje izvorne tablice u sklopu baze znanja (OTPbp)*
- *Zeleno – podaci koji mogu ovisiti o konstruktoru (treba ih izbjegavati u analizi)*
- *Bijelo – podaci koji su uspješno dohvaćeni (uključujući i neplanirane a dohvaćene)*
- *Oker (žuta) – podaci koji su bili planirani, ali nisu dohvaćeni u sklopu zajedničkih*

Zadnja dva retka (V, Z) odnose se na parametre tehnološkog procesa i predviđeni su za stvaranje uzoraka za statističko istraživanje. Nisu značajni za provedeno istraživanje.

4.4.2 BTP hijerarhijsko strukturirani podaci

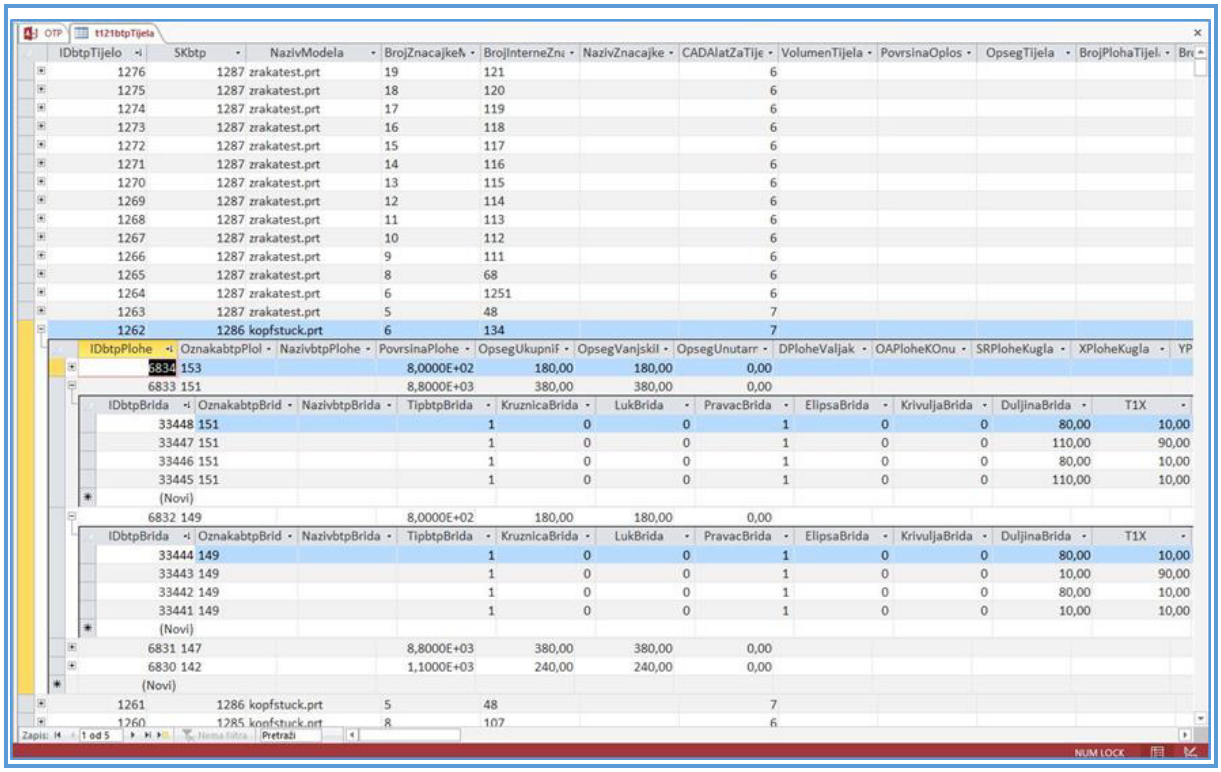
Obzirom na osnovne geometrijske elemente 3DM, podaci se mogu hijerarhijski strukturirati u tri razine:

- TIJELA
  - *Volumeni – oblici nastali nekim od alata 3DS (Extrude, Revolve,…)*
  - *Podaci se spremaju u tablicu „t121btpTijela“ u OTP bazi podataka*
- PLOHE
  - *Površine (rotacijske, ravne,…)*
  - *Podaci se spremaju u tablicu „t122btpPlohe“ u OTP bazi podataka*
- BRIDOVI
  - *Rubovi – linije (pravci, lukovi,…)*
  - *Podaci se spremaju u tablicu „t123btpBridovi“ u OTP bazi podataka*

Uz osnovne geometrijske elemente, u 3DM su sadržani i pomoćni podaci koji nastaju tijekom modeliranja, a uglavnom su to ravnine, osi, točke i kote.
Ovi podaci nastaju u pravilu automatski u procesu modeliranja.
Moguće je pomoćne podatke vezati uz geometrijske elemente, što povećava broj potrebnih polja u pripadajućim tablicama u OTP bazi, a moguće i je izdvojiti u jednu, zajedničku tablicu, koja je vezana na primarni ključ 3DM u OTP bazi podataka. Za potrebe ovog istraživanja pomoćni podaci su izdvojeni, i upisuju se u jednu, posebnu, tablicu:

- POMOĆNI PODACI
  - *Tijekom modeliranja automatski nastali podaci (Ravnine – Osi – Kote)*
  - *Podaci se spremaju u tablicu „t125btpRavnineOsiKote“ u OTP bazi podataka*

Na slici 30 prikazane su 3 međusobno hijerarhijski povezane tablice.

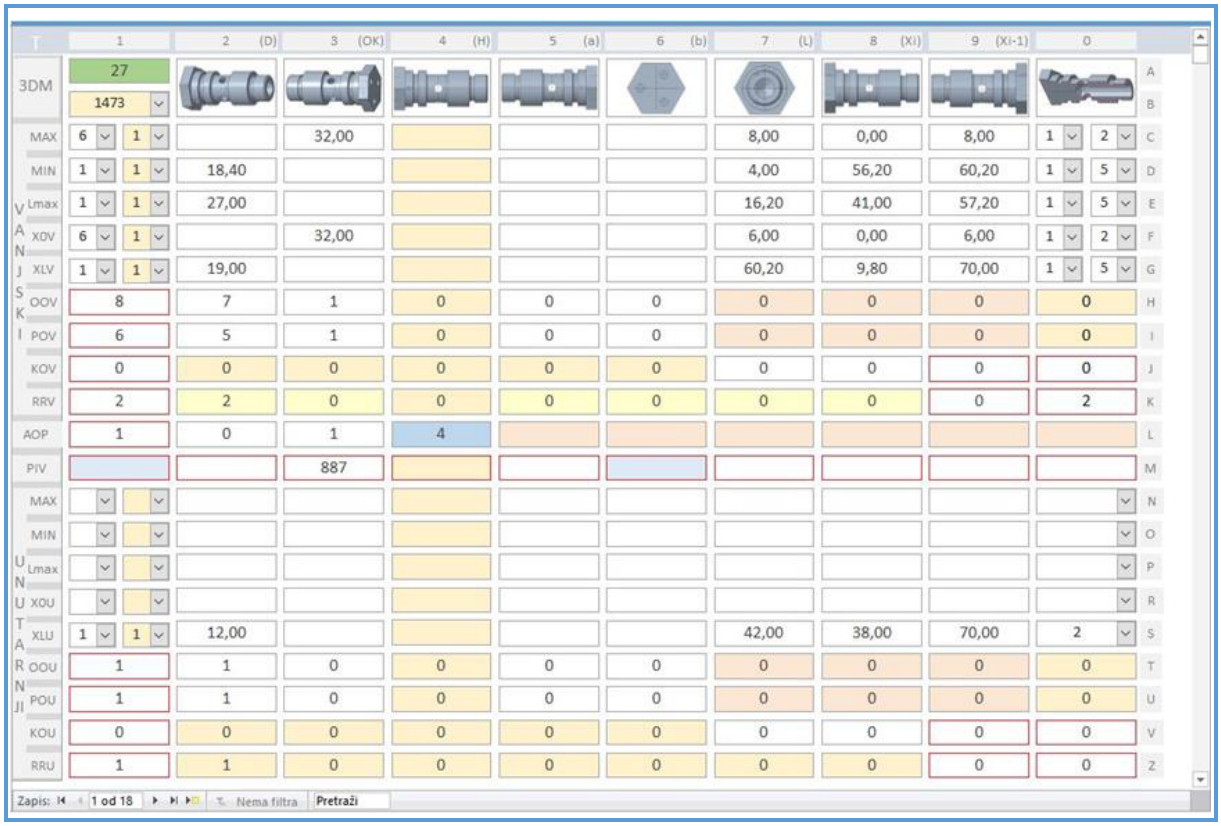


Slika 30 Prikaz tablica u OTPbp za zapis hijerarhijsko strukturiranih podataka 3DM [0]

Uz izvorne podatke upisane kao dio seta tehnoloških podataka, u tablicama u koje se podaci upisuju napravljena su i računska polja za koja se unaprijed znalo da bi mogla biti od koristi pri analizi 3DM.

4.4.3 BTP geometrijski podaci

Podaci dohvaćeni radijalnim setom zraka zapisuju se u nekoliko tablica u OTPbp. Međutim za daljnju analizu, prvenstveno za definiranje geometrijskog oblika izratka, značajni su samo zbirni podaci. Ti podaci zapisuju se u tablicu *t129btpGeometrija*.
Na slici 31 prikazan obrazac za prikaz geometrijskih podataka 3DM na ekranu računala.



Slika 31 Ekranski obrazac za prikaz geometrijskih podataka 3DM [0]

Kao kod zajedničkih podataka, koji se zapisuju u *t120btp*, i zbirni geometrijski podaci imenuju se prema adresama pojedinih polja u matrici zapisa. Za razliku od zajedničkih podataka gdje se adresa sastoji od slova retka i broja stupca (A1; A2; … Z9; Z0) geometrijski podaci ispred adrese polja imaju i slovo T (T1A; T2A; …; T9Z; T0Z).

U cilju ostvarenja preglednosti obrasca, podaci su podijeljeni u skupine, pri čemu se nastojalo da podaci iz istih skupina budu u poljima istog retka u matrici.
Uz prva dva retka koji se odnose na administracijske i grafičke podatke, primarni i sekundarni ključ, i osnovne projekcije 3DM, matrica je po recima podijeljena na dvije velike cjeline.
Redci „C“ do „K“ odnose se na vanjski oblik presjeka, a redci od „N“ do „Z“, odnose se na unutarnji oblik presjeka. Prvih 5 redaka u svakoj osnovnoj cjelini odnosi na istu vrstu podataka. Radi se o graničnim oblicima, karakterističnim izmjerama uzduž osi X, i bočnim značajkama oblika. Dakle, podaci o točno određenim presjecima na 3DM.
Dodatna 4 retka služe za upis zbirnih podataka svih presjeka na 3DM, zavisno o vrsti presjeka. Podaci o broju osnovnih, punih, krnjih i radijalnih (bočnih) oblika presjeka.

Između njih, redak „L“ odnosi se na podatke o aksijalnim značajkama oblika presjeka 3DM. Redak „M“ odnosi se na podatku o profilu kao cjelini. T1L je podatak o duljini 3DM (T1L=*t120btp/O3*). Daljnja polja u retku se odnose na površine, odnosno 2 prizmatična i 2 rotacijska volumena. Osnovni puni i šuplji oblici (prizma-okvir, valjak-tuljak)

5. OBRADA PODATAKA

Planirano je istraživanje koje bi se temeljilo na uzorku koji se sastoji od relativno jednostavno dohvatljivih tehnoloških podataka o 3DM, kao nezavisnim varijablama, i tehnološkim parametrima kao zavisnim varijablama.

Nezavisne varijable bi se u uzorak upisivale automatski, a zavisne bi se za svaki 3DM upisivale ručno, na temelju prosudbe tehnologa, u ovom slučaju autora ovog rada.
Realizacija je predviđena putem specijalizirane računalne aplikacije za unos parametara koja bi se napravila tijekom istraživanja.

Zamisao je bila na temelju takvog cjelovitog uzorka istraživanjem utvrditi zakonitosti koje povezuje zavisne i nezavisne varijable. Utvrđene zakonitosti bi se ugradile u matematičke modele kojima bi se u budućnosti, na temelju nezavisnih varijabli koje su unaprijed uvijek poznate, procjenjivale i vrijednosti nezavisnih varijabli, koje u pravilu nisu unaprijed poznate.

Dakle, istraživanje je planirano u dvije velike faze. Prva u kojoj bi se napravio statistički značajan uzorak, te druga u kojoj bi se uzorak statistički obradio, te je kao takvo i pokrenuto.
Razvijena je aplikacija za olakšani unos parametara u 3DM nakon čega bi se ti isti parametri sa još određenim brojem relativno lako dostupnih tehnološki značajnih podataka o 3DM spremili u neki digitalni format zapisa. Sve skupa je bilo zamišljeno da se podaci zapišu kao CSV datoteka (Comma Separated Values). Ova vrsta zapisa je oblika tekstualne datoteke koja sadrži informacije odvojene zarezom. Može se koristiti u softverima tipa proračunskih tablica, što ih čini pogodnima za daljnju obradu podataka.

Za prva testiranja korišten je softver MS Excel u kojeg su podaci zapisivani iz 3DM. Procedura nije bila automatizirana, ali je postojala naznaka da bi se to moglo ostvariti. Naime, prvo bi se iz 3DS podaci spremili u CSV datoteku. Potom bi se otvorio MS Excel i u njega učitali spremljeni podaci. To se može automatizirati jednostavnim nizom naredbi (makro).
Autor istraživanja je sukladno dohvaćenim podacima napravio obrazac sa točno definiranim poljima u MS Excelu, kako bi se povećala preglednost podataka.
Analizom dohvaćenih podataka u isti MS Excel obrazac, u istu tablicu, dodani su i računski izrazi koji bi na temelju dohvaćenih podataka mogli stvoriti nove podatke. Primjer je zbroj istovrsnih objekata na 3DM.
U nastavku iste tablice dodana su i polja u koja bi kasnije autor istraživanja mogao ručno upisivati vrijednosti nezavisnih varijabli. Na taj način bi se kompletirao uzorak za daljnju obradu matematičkim metodama.

Testiranje je pokazalo da se prilikom upisa podataka neki podaci mogu povezati sa predodređenim podacima, pa su u samom obrascu u MS Excelu napravljene i dodatni listovi sa sadržajem koji se mogao pozvati u osnovnu tablicu sa nezavisnim varijablama.

Sve u svemu, istraživanje se kretalo u dobrom smjeru, i bilo je spremno za stvaranje statistički značajnog uzorka, nakon čega bi se obradom podataka moglo u zadovoljavajućem roku privesti kraju. Procjena je bila da će se puno više vremena trebati utrošiti na izradu uzorka, no na obradu podataka.

Uzimajući u obzir i činjenicu da su određeni tehnološki parametri dio postojećih baza podataka, što bi se moglo iskoristiti tijekom stvaranja uzorka, ali i tijekom kasnije obrade podataka autor istraživanja se odlučio na značajan iskorak u istraživanju.

Odlučeno je da će se sa tabličnog zapisa podataka o uzorku prijeći na zapis podataka o uzorku u relacijskoj bazi podataka.

Praktički je ova odluka vratila istraživanje na početak. Naravno, ne u znanstvenom smislu, jer je sve ostvareno moglo poslužiti kao temelje za buduće istraživanje. Ali svakako u vremenskom smislu, budući su postojeći obrasci, pa i do tada stvoreni uzorci postali neupotrebljivi za metodu koja koristi bazu podataka. No, autor istraživanja je smatrao da će gubitak do sada utrošenog vremena, kao i potrebno dodatno vrijeme koje će se utrošiti na novo rješenje biti nadoknađeno kvalitetom novog rješenja. Uostalom, autor istraživanja uvijek smatra da je dobra priprema pola obavljenog posla. Za očekivati je bilo da će se uz u konačnici bolje rezultate istraživanja, uštedjeti i na poslovima koji još ionako nisu bili napravljeni. To se kasnije i pokazalo ispravnim.

Od tog trenutka istraživanje se paralelno provodi na dva kolosijeka. S jedne strane se razvija baza podataka, koja prerasta u bazu znanja i koja je opisana u prvom poglavlju ovog rada, a s druge strane se razvija računalna aplikacija koja povezuje bazu podataka i 3DS, a koja je opisana u prethodnom poglavlju ovog rada.

Analiza prvih testiranja rezultata sustava 3DS-BTP-OTPbp pokazali su značajno povećanje podataka koje je moguće dohvatiti u .btp. Naznačena je i mogućnost dohvata i onih podataka za koje se smatralo da će ih biti potrebno utvrđivati naknadnom statističkom analizom uzorka. Ova činjenica dramatično je promijenila tijek istraživanja.

Odjednom se obrada podataka, kao veliki korak u istraživanju, preselila iz završne u početnu fazu istraživanja. S mogućnošću dohvata sve većeg broja tehnoloških podataka rasli su i zahtjevi za dohvatom novih, neplaniranih. Istodobno se moglo zaključiti da će potreba za naknadnom obradom podataka opadati.
Iz tog razloga težište istraživanje se dodatno usmjerava na razvoj aplikacije za dohvat podataka iz 3DM. Temeljno zamišljena kao sredstvo za pojednostavljenje upisa parametara u 3DM, te njihovo automatizirano upisivanje u OTPbp, BTP preuzima značajan dio obrade podataka.
Drugim riječima istraživanje postaje dinamičko, sa učestalim povratnim koracima na daljnji razvoj algoritama u samoj BTP za dohvat točno ciljanih tehnoloških značajki 3DM.

Kao što je u prethodnom poglavlju opisano, BTP se tijekom istraživanja mijenjao, a svaka nova verzija dohvaća sve više podataka kojima je moguće sve bolje tehnološki opisati 3DM. To je rezultiralo i proširenjem prvobitnog sustava kodiranja izratka sa 5 na konačnih 14 znamenki OTP koda izratka.
Na kraju istraživanja moglo se zaključiti da gotovo da ne postoji tehnološki značajan podatak za koji ne bi bilo moguće napraviti algoritam za njegovu kvantifikaciju.
U takvim uvjetima pomaknuta je granica istraživanja do rezultata u kojem se OTPk može egzaktno utvrditi. Samo na temelju podataka .btp. Dakle, bez potrebe za uzorkom.

Ovim istraživanjem je ostvarena egzaktna metoda kodiranja izradaka samo na temelju njih samih, odnosno značajki njihova 3DM.
Da bi se to uspjelo tijekom istraživanja je napravljen uzorak od preko 1.500 3DM, ali koji je služio uglavnom za dinamičko testiranja dohvaćenih podataka.

Za napomenuti je da će OTP uzorak i dalje biti potreban za kvantificiranje tehnoloških parametara i procjenu cijene koštanja izratka, ali za potrebe ovog istraživanja uzorak više nije značajan.

5.1 OTP ZAJEDNIČKI PODACI

Zajednički podaci pohranjeni su u *t120btp* u OTPbp, a obuhvaćaju raznovrstan skup podataka. I to kako po skupini tehnoloških svojstava koje predstavljaju, tako i po načinu na koji su dohvaćeni. Uz izravno i neizravno dohvative podatke u ovu tablicu se zapisuju i neki od podataka koji nisu ni bili planirani na početku istraživanja. Prevladavaju podaci koji se temelje na standardnim funkcijama i alatima 3D. Na slici 32 je prikazan je način na koji se povezuju značajke 3DS i predodređenih elemenata 3DM u OTPbp, kako bi se mogli prepoznati i prebrojiti različiti objekti 3DM.

Za napomenuti je da 3DS ima sustav označavanja objekata na koji nije moguće utjecati.
Iz tog razloga je potrebno u BTP aplikaciji za dohvat podataka koristiti isključivo nazive funkcija sukladno 3DS. Svi tipovi značajki u PTC/CREO su enumerirani tipovi. PTC zadržava pravo promjene numeričke vrijednosti tipa. Na primjer:
EpfcFEATTYPE_FIRST
EpfcFEATTYPE_HOLE
EpfcFEATTYPE_ROUND
EpfcFEATTYPE_CHAMFER
EpfcFEATTYPE_CUT
EpfcFEATTYPE_PROTRUSION

Budući da ne postoji direktna korelacije između naziva elemenata u CREO i naziva elemenata u BAZI do sada se ispisivao podatak iz CREO-a u verziji 4.6 ugrađena su sljedeća pravila:

Tipovi površina CREO = tipovi površina BAZA (T1):

CREO	BAZA
EpfcSURFACE_REVOLVED	BAZA = 1 " Rotacijska "
EpfcSURFACE_PLANE	BAZA = 3 " Ravna "
EpfcSURFACE_CYLINDER	BAZA = 4 " Krug "
EpfcSURFACE_TORUS	BAZA = 5 " Vijenac "
EpfcSURFACE_UNKNOWN	0

Vrste maksimalne duljine brida (T4):

EpfcCURVE_CIRCLE	BAZA = 1	" Kružnica "
EpfcCURVE_ARC	BAZA = 2	" Luk "
EpfcCURVE_LINE	BAZA = 3	" Pravac "
EpfcCURVE_ELLIPSE	BAZA = 4	" Elipsa "
EpfcCURVE_SPLINE	BAZA = 5	" Krivulja "
EpfcCURVE_BSPLINE	BAZA = 5	" Krivulja "
EpfcCURVE_POLYGON	BAZA = 7	" N-kutnik "
EpfcCURVE_UNKNOWN	0	

Vrste maksimalne kote (T7):

EpfcDIM_LINEAR	BAZA = 3	" Odstojanje "
EpfcDIM_RADIAL	BAZA = 1	" Radijus "
EpfcDIM_DIAMETER	BAZA = 2	" Promjer "
EpfcDIM_ANGULAR	BAZA = 4	" Kut "
EpfcDIM_UNKNOWN	0	

Slika 32 *Pravila mOTP vezano na imenovanje objekata u 3DS i istovrsnih objekata u OTPbp* [0]

Za istaknuti je i podatke koji se odnose na utvrđivanje i mjerenje promjera opisane i upisane kružnice. Dohvaćeni su postupkom opisanim u prilogu [C] i ovdje se neće posebno opisivati.
Ali će se ovdje opisati dva dodatna podatka koji se temelje upravo na promjeru opisane i upisane kružnice, a to su volumen opisanog valjka i volumen tuljka. Ukoliko se u ovu skupinu pridoda isto tako izvedeni podatak o volumenu kvadra koji se temelji na gabaritnim izmjerama 3DM, moguće je zaključivanje i o osnovnom obliku 3DM.

- O3; O6; O9 GABARITI IZRATKA
  - *Volumen kvadra*

$$V_K = O3 \times O6 \times O9$$

- N0 PROMJER OPISANE KRUŽNICE
  - *Volumen valjka*

$$V_V = \frac{N0^2 \times \pi}{4} \times O3$$

- O0 PROMJER UPISANE KRUŽNICE (RUPE)
  - *Volumen tuljka*

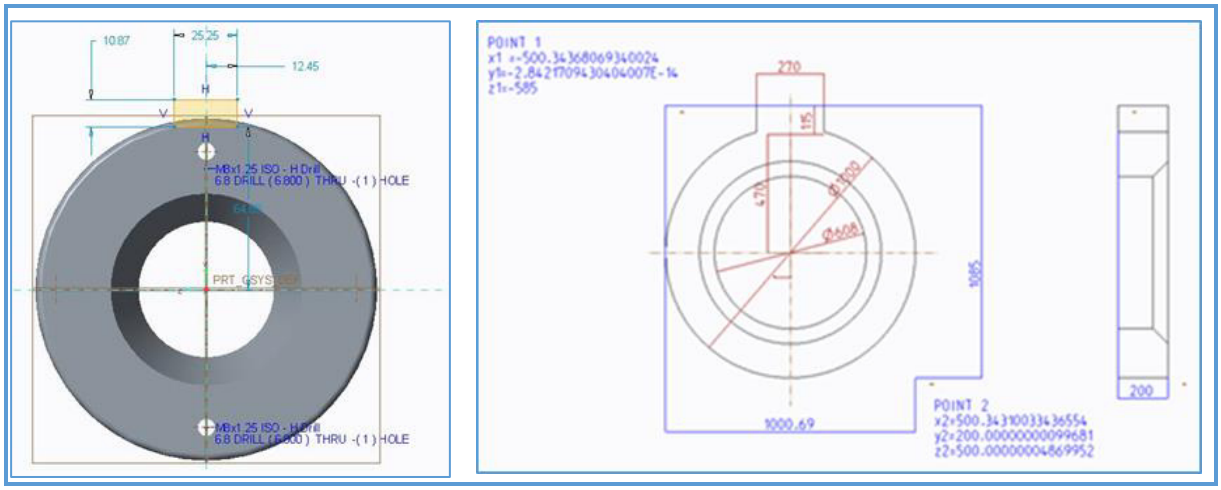
$$V_T = V_{V-} \frac{O0^2 \times \pi}{4} \times O3$$

$$V_K > V_V \rightarrow "okruglo"$$

$$V_V \neq V_T \rightarrow "cijev"$$

Ako je vrijednost u polju O0 veća od nule, znači da postoji uzdužni prolazni otvor (minimalno rupa promjera koji je jednak vrijednosti podatka u polju O0, pa je osnovni oblik 3DM cjevast. U suprotnom se radi o punom unutrašnjem obliku.

U btp. podaci o gabaritima izratka su dvostruko zapisani. U poljima E5, E6 i E7, dohvaćene su vrijednosti temeljem poziva funkcije 3DS pod nazivom GeomOutline. Budući je to interna funkcija 3DS, na podatke koje ona „vraća“ nije moguće utjecati.
Koordinate točaka gabarita modela izračunava 3DS automatski. Međutim pri tome se u obzir uzimaju svi elementi 3DS, pa i elementi koji oduzimaju materijal. Proizlazi da vraćeni podaci nisu odraz konačnog stanja 3DM kao punog tijela, nego da mogu biti vezani i sa pomoćnim objektima nastalim tijekom modeliranja.
Na slici 33 prikazana je mogućnost pogreške mjerenja krajnjih točaka obzirom na način modeliranja. Drugi element 3DM je kvadrat koji oduzimanjem materijala stvara utor na prvom elementu 3DM, a to je rotacijsko tijelo. Kvadrat je dimenzija većih od promjera osnovnog tijela, pa je i krajnja točka (gabarit) koji vraća funkcija GeomOutline veća od stvarne točke na 3DM.



Slika 33 *Utjecaj modeliranja na podatke koje vraća funkcija GeomOutline* *[0]*

Ovaj problem je uočen tijekom istraživanja, pa je za utvrđivanje gabarita 3DM napravljen poseban postupak u BTP. Postupak se temelji na dodavanju težišta (CSYS COG) u 3DM, te potom mjerenje udaljenosti krajnjih vrhova 3DM od točke težišta. Mjerenje se vrši na način da se udaljenost ne mjeri prostorno, nego osno. To znači da se prostorna udaljenost krajnje točke do težišta modela projicira okomito na svaku os koordinatnog sustava. Na taj način se dobiju po dva podatka za svaku os, a zbroj njihovih vrijednosti predstavlja krajnju duljinu 3DM po promatranoj osi. Podatak za sve tri osi čini gabarite modela. Pretpostavka je da je modeliranje izvršeno sukladno preporuci da se osnovno tijelo 3DM orijentira uzduž osi X, odnosno u centru YZ ravnine.

Ovi podaci upisuju se polja u retku „O“ tablice *t120btp* u OTPbp. Udaljenost po X vrijednost je polja O3, gabarit po osi Y zapisan je u polju O6, a ukupna duljina 3DM paralelno sa osi Z podatak je u polju O9.
Podaci u poljima O3, O6 i O9 su nedvojbeno točni, pa se kodiranje veličine 3DM temelji upravo na tim podacima.

Iako bi podaci u retku „E“ mogli biti značajni, ipak se ne koriste u daljnjoj obradi podataka, pa se nisu ni uključili u konačni .btp. Ova polja u *t120btp* iskorištena su za zapis gabarita obzirom na njihove međusobne odnose.
$E5 = Min(O3; O6; O9)$
$E6 =$ *niti minimalna, niti maksimalna gabaritna izmjera.*
$E7 = Max(O3; O6; O9)$
U slučaju kada su dvije izmjere iste, jedna od njih, bilo koja postaje vrijednost u polju E6.
U slučaju kada su sve tri izmjere iste svejedno koja izmjera se upisuje u koje polje.

Podaci o maksimalnim i minimalnim gabaritnim izmjerama su potrebni kao uvjeti za dva kodna mjesta OTP koda izratka.
Njihovo uključivanje u .btp je iz razloga de oni budu fiksni podatak za svaki 3DM, a ne računski podatak koji nastaje u nekom upitu u Accesu.
To se moglo napraviti i u Accessu, ali se pokazalo da su ograničenja Accessa dosta velika, pa je bolje u upitima u Accessu imati što manje polja, a pogotovo što manje velikih (dugačkih) izraza.

Slično je i sa utvrđivanjem minimalne vrijednosti tolerancija u milimetrima. Naime, u .btp postoji 5 polja u retku „S“ koja se odnose na preciznost izratka toleriranu u milimetrima. Radi se o toleranciji oblika, položaja, duljine, promjera i polumjera, polja S2 do S6.
Umjesto da se kasnije u upitu u Accessu traži upravo ono svojstvo koje ima minimalnu vrijednost, kao najstroži zahtjev na preciznost, bolje je odmah u .btp napraviti računsko polje:
$S9 = Min(S2; S3; S4; S5; S6)$
Rezultat se upisuje u *t120btp* u OTPbp kao fiksni podatak, te se izbjegava trošenje resursa na njegov izračun za svaki zapis u OTPbp.
U Accessu, na žalost ne postoji tako jednostavna funkcija za određivanje minimuma, ili je barem autor ovog istraživanja nije mogao pronaći i koristiti. U zamjenu za nju, u Accessu je potrebno napisati slijedeći kod:
S9: IIf([S2]<=[S3] And [S2]<=[S4] And [S2]<=[S5] And [S2]<=[S6];[S2];IIf([S3]<=[S2] And [S3]<=[S4] And [S3]<=[S5] And [S3]<=[S6];[S3];IIf([S4]<=[S2] And [S4]<=[S3] And [S4]<=[S5] And [S4]<=[S6];[S4];IIf([S5]<=[S2] And [S5]<=[S3] And [S5]<=[S4] And [S5]<=[S6];[S5];IIf([S6]<=[S2] And [S6]<=[S3] And [S6]<=[S4] And [S6]<=[S5];[S6])))))

Uzimajući u obzir da se ovaj izraz nalazi u upitu koji je preduvjet za neki daljnji upit, u konačnici se vrlo brzo složenost upita multiplicira do pojave greške u Accessu: „Upit je presložen“, nakon čega se procedura ne može uspješno završiti.
Ako se zna da je OTPbp vrlo kompleksna, problem prekoračenja resursa Accessa je posebno izražen. Tijekom istraživanja, posebno pri stvaranju završnih upita za klasifikaciju, ovaj problem je postao značajan.

Obzirom na učestalost potrebe za posebnim rješenjima u Accessu da bi se izbjegle pogreške tipa „Upit je presložen“, ili „Prekoračili ste resurse sustava“, jedan od zaključaka istraživanja je i da je za komercijalnu aplikaciju mOTP Access kao softer za upravljanje bazama podataka neodgovarajući.
Štoviše, čak se i pred kraj samog istraživanja razmatrala opcija da Access zamijenio jačom bazom podataka (MS SQL SERVER).
U tom smislu su izvršena određena testiranja, ali se zbog nedostatka vremena obzirom na rok za završetak disertacije ipak odustalo.

Zadnja dva retka (V i Z) ostaju kao dio zapisa, ali nisu relevantni za obradu podataka, budući se vrijednosti u poljima ne odnose na odnose na stvarno stanje 3DM. Ti podaci su upravo rezultat klasifikacije, pa bi se povratno mogli upisati u Accessu u novi upit, čime bi se kompletirao uzorak za daljnju analizu. Zapravo, to je i napravljeno u setu podataka za kodiranje izrade, o čemu će biti riječi u slijedećim poglavljima.

Zajednički podaci zapisuju se kao fiksni podaci u *t120btp* u OTPbp i dio su cjelovitog .btp, koji se sastoji još i od hijerarhijskih i geometrijskih podataka, opisanih u nastavku.

5.2 OTP HIJERARHIJSKO STRUKTURNI PODACI

Set hijerarhijsko strukturnih podataka, kao što je već ranije rečeno, zapisuje se u 3, odnosno 4 tablice u OTPbp. Radi se o podacima koji se zapisuju u svom sirovom obliku. To znači da u BTP za ovaj set podataka nije napravljena gotovo nikakva obrada podataka.

Popis SQL upita za zapis podataka u tablice s hijerarhijskim podacima:

- *T121BTPTIJELA*
  = *"SKbtp, NazivModela, BrojZnacajkeModela, BrojInterneZnacajkeModela, CADAlatZaTijelo"*
- *T122BTPPLOHE*
  = *"OznakabtpPlohe, SKbtpTijela, PovrsinaPlohe, UkupniBrojBridovaPlohe, OpsegUkupniPlohe, OpsegVanjskiPlohe, OpsegUnutarnjiPlohe"*
- T123BTPBRIDOVI
  = *"OznakabtpBrida, SKbtpPlohe, TipbtpBrida, KruznicaBrida, LukBrida, PravacBrida, KrivuljaBrida, DuljinaBrida, T1X, T1Y, T1Z, T2X, T2Y, T2Z, RadiusLuka, XLuka, YLuka, ZLuka, PocetniKutLuka, ZavrsniKutLuka, XElipse, YElipse, ZElipse, PocetniKutElipse, ZavrsniKutElipse, ElipsaVelikaPolutka, ElipsaMalaPolutka"*
- *T125BTPRAVNINEOSIKOTE*
  = *"SKbtp, NazivModela, BrojZnacajkeModela, BrojZnacajkeModela, BrojInterneZnacajkeModela, BrojRavninaModela, BrojOsiModela, BrojKotaModela, BrojKotaDuljine, BrojKotaRadiusa, BrojKotaPromjera, BrojKotaKuteva, BrojSlobodnihKota, BrojToleriranihKota, BrojKotaToleriranihUmm, MinimalnaTolerrancijaKoteUmm, BrojKotaToleriranihUIT, MinimalnaTolkerancijaKoteUIT"*

Naveden su tablice i polja koja se popunjavaju vrijednostima izravno iz BTP.
U pripadajućim tablicama u samoj OTPbp, uz polja koja su predviđena za upis podataka iz BTP, dodana su i računska polja za unaprijed određene odnose različitih sirovih, pa i izvedenih podataka. Radi se dakle, o jednom automatizmu, ali koji ovaj put nije sastavni dio BTP, nego je dio OTPbp.

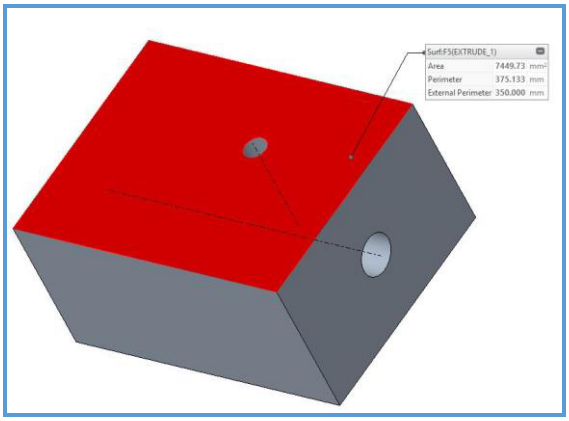
Moguće je i rješenje i da tablice u OTPbp, vezane uz strukturno hijerarhijske podatke, sadrže samo polja koja se upisuju izravno iz BTP. U tom slučaju obrada podataka bi se napravila korištenjem različitih upita u Accessu.

Obzirom na ograničenja Accessa odabrana je varijanta sa računskim poljima odmah u tablici, kako bi se pri daljnjoj analizi mogli koristiti jednostavniji, odnosno manje složeni upiti. Ovo je bilo moguće napraviti za podatke za koje se unaprijed zna da će biti u obradi podataka potrebni, a vezani su izravno i samo uz podatke u jednoj, promatranoj tablici. Izračunatim podacima omogućen je kao i bilo kojim drugim podacima u tablici izravan pristup za potrebe daljnje analize. Izravan pristup podatku podrazumijeva da je na njegovoj adresi u tablici zapisana vrijednost podatka. To znači da se vrijednost podatka dohvaća izravno, a ne kao kod upita temeljem jednadžbe prilikom svakog otvaranja upita.

Hijerarhijsko strukturni podaci dohvaćeni su s namjerom da se na temelju njihove obrade analiziraju značajke vezani uz geometrijski oblik i izmjere 3DM. To je iz razloga što su u OTP zajedničkim podacima ove značajke obuhvaćene u ipak manjoj mjeri.

Na početku istraživanja planirani su razni podaci obzirom na oblik, vrstu i broj ploha. Na žalost, neki od tih podataka nisu mogli biti dohvaćeni u skupini zajedničkih podataka. Npr. nije dohvaćen broj ploha tipa „vijenac“, pa čak ni broj krugova (ravnih okruglih površina). Zamisao je bila da se ovi i njima slični geometrijski podaci utvrde na temelju strukturno hijerarhijskog zapisa, obradom podataka u OTPbp.
Kao što će se u slijedećem odjeljku vidjeti, ova zadaća je uspješno odrađena metodom projiciranih zraka, pa je obrada strukturno hijerarhijskih podataka za ovo istraživanje izgubila na značaju.
Zbog tog razloga u tablicama vezanim uz strukturno hijerarhijski zapis postoje neka planirana dodatna polja u kojima nije sadržana jednadžba za njihovo kvantificiranje. No, u daljnjem razvoju rješenja, ova polja bi se svakako trebala definirati, čime bi se dopunio broj podataka .btp.

U ovom istraživanju strukturno hijerarhijski podaci iskorišteni su za određivanje broja ploha (površina) koje na sebi imaju ili otvor, ili izdanak. Može se govoriti o nepotpunim plohama.
Prepoznavanje nepotpunih ploha temelji se na dohvativim podacima o opsegu pojedine plohe. PTC/Creo definira plohu njenom površinom i opsegom, kao što je prikazano na slici 34.
U slučaju kada je ploha nepotpuna, odnosno ima izdanak ili udubljenje, opseg joj je definiran sa dva podatka.
Uz obavezni podatak o ukupnom opsegu, dodaje se i podatak o veličini vanjskog opsega plohe. Dakle, da bi se utvrdio broj nepotpunih ploha dovoljno je prebrojiti broj ploha koje imaju podatak o veličini vanjskog opsega plohe (External Perimeter>0).
Podatke o ukupnom i vanjskom opsegu svake plohe u 3DM, dohvaća BTP i zapisuje u *t122btpPlohe*, u OTPbp.



Slika 34 Definiranje ploha u 3DS [0]

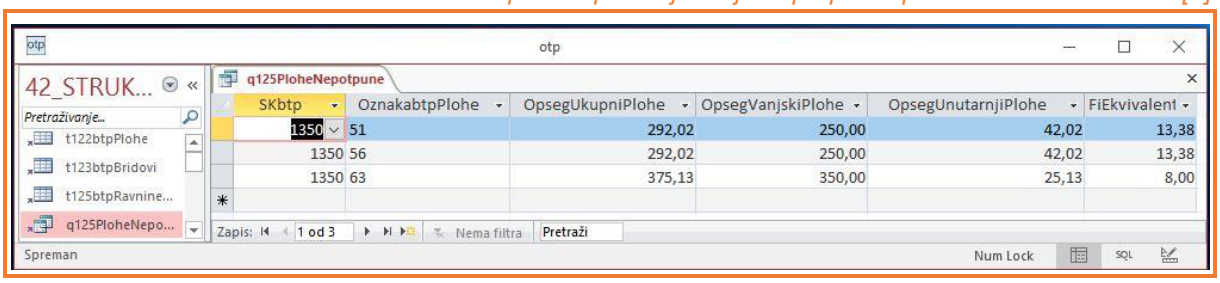
U navedenoj tablici dodano je i računsko polje kojim se, kao razlika ukupnog i vanjskog opsega plohe, izračunava unutarnji opseg plohe.
Konkretno, u ovom istraživanju, upit za prebrojavanje nepotpunih ploha temelji se upravo na podatku o veličini unutarnjeg opsega.

SQL kod zapisa u upitu *q125PloheNepotpune* OTPbp:
PARAMETERS [ID 3DM] Long;
SELECT t121btpTijela.SKbtp, t122btpPlohe.OznakabtpPlohe,
t122btpPlohe.OpsegUkupniPlohe, t122btpPlohe.OpsegVanjskiPlohe,
t122btpPlohe.OpsegUnutarnjiPlohe, [OpsegUnutarnjiPlohe]/3.14159265 AS FiEkvivalent
FROM t121btpTijela LEFT JOIN t122btpPlohe ON t121btpTijela.IDbtpTijelo =
t122btpPlohe.SKbtpTijela
WHERE (((t121btpTijela.SKbtp)=[ID 3DM]) AND
((t122btpPlohe.OpsegUnutarnjiPlohe)>0));
Iz koda je vidljivo da je u upitu dodan parametar na temelju kojeg se iz svih zapisa ploha izdvajaju samo plohe koje su sastavni dio točno određenog 3DM. Prilikom pokretanja upita potrebno je upisati vrijednost parametra „ID 3DM“. Naziv parametra je namjerno zapisan sa razmakom da se naglasi da se ne radi o nekom polju u tablicama OTPbp, nego o parametru. Budući da parametri mogu biti imenovani na proizvoljan način.
Za napomenuti je da vrijednost parametra nije nužno potrebno ručno upisivati prilikom svakog pokretanja upita.

Uobičajeno je da se vrijednost parametru automatski dodjeli za promatrani 3DM. Napravi se relacija u kojoj vrijednost parametra automatski jednaka IDbtp (odnosno polju A1) promatranog 3DM.
Zadnji redak SQL koda predstavlja uvjet po kojem će se kao rezultat upita prikazati samo podaci o plohama koje imaju unutarnji opseg veći od nule.

Rezultat koji upit vraća vidljiv je u podatkovnoj tablici Accessa, prikazanoj u tablici 26.

Tablica 26 Podatkovna tablica upita za prebrojavanje nepotpunih ploha 3DM [0]



SKbtp	OznakabtpPlohe	OpsegUkupniPlohe	OpsegVanjskiPlohe	OpsegUnutarnjiPlohe	FiEkvivalent
1350	51	292,02	250,00	42,02	13,38
1350	56	292,02	250,00	42,02	13,38
1350	63	375,13	350,00	25,13	8,00

Stupci u tablici predstavljaju:

- SKBTP
  - *1.350 je redni broj .btp u t120btp OTPbp*
- OZNAKABTPPLOHE
  - *Interna oznaka plohe u 3DS*
- OPSEGUKUPNIPLOHE
  - *Podatak koji dohvaća BTP i upisuje u OTPbp*
- OPSEGVANJSKIPLOHE
  - *Podatak koji dohvaća BTP i upisuje u OTPbp*
  - *Dostupan je samo za slučaj kada je ploha „nepotpuna“*
- OPSEGUNUTARNJIPLOHE
  - *Računski podatak koji se izračunava u samoj OTPbp*
  - *Predstavlja razliku ukupnog i vanjskog opsega*
- FIEKVIVALENT
  - *Računski podatak koji se izračunava u samoj OTPbp*
  - *Izračunava se kao omjer unutarnjeg opsega i Ludolfovog broja* (π)
  - *Predstavlja ekvivalent promjera (slučaj samo jedne, i to okrugle rupe na plohi)*
  - *Unutarnji opseg se može sastojati iz više rupa i, ili otvora, pa to nije egzaktan podatak*
  - *Iako nije egzaktan podatak, može u velikom broju slučajeva poslužiti*

Na dnu tablice, u polju „Zapisi“ prikazani broj zapisa predstavlja konačni rezultat upita. Podatak je to o broju nepotpunih ploha 3DM. Za 3DM prikazan na slici 34 na prethodnoj strani ovog teksta, rezultat je: „3 nepotpune plohe“.
Uzdužna rupa je prolazna, pa su obje čelne površine nepotpune, a treća nepotpuna ploha je uslijed rupe na gornjoj strani 3DM.

Daljnjom analizom mogao bi se razlučiti broj otvora od broja izdanaka. Analizom bridova mogao bi se utvrditi i sam oblik otvora ili izdanka.

Iako se u ovom istraživanju dohvaćeni hijerarhijsko strukturni podaci nisu značajnije koristili u daljnjoj obradi podataka, ipak su potencijalno značajni i ostaju sastavni dio .btp. Zadržavanje ovog skupa podataka u .btp važno je i iz razloga što otvara dodate mogućnosti obrade podataka. Posebno se to može iskoristiti u budućim istraživanjima, pogotovo u slučajevima kada se mOTP prilagođava krajnjem korisniku.

5.3 OTP GEOMETRIJA

Sirovi podaci kao rezultat mjerenja projiciranim setom podataka, kao takvi su praktički beskorisni, te ih je u svako slučaju je potrebno posebno obraditi.
Osnovno pitanje prilikom definiranja dijela .btp koji se odnosi na rezultate projiciranja zraka bilo je pitanje obrade sirovih podataka obzirom na BTP. Da li .btp ograničiti samo na sirove podatke, ili ga dopuniti sa točno određenim podacima za koje bi se potrebna analiza provela izravno u BTP.
Neovisno o tome da li se analiza vrši u samoj BTP, ili kasnije u OTPbp, potrebni su algoritmi za njihovu obradu.
Svakako da se pri tome u obzir uzimaju i ranije utvrđeni zajednički, pa i hijerarhijsko strukturirani podaci o 3DM. Prvenstveno se to odnosi na gabarite 3DM, posebno duljinu (po osi X). Iznimno su važni i podaci o promjerima opisane i upisane kružnice (u ravnini YZ). Od koristi je i zajednički podatak vezan uz tip 3DM glede prolazne rupe (puni ili šuplji komad), što je ranije utvrđeno dodatnom značajkom „RUPA“.

Kao optimalno rješenje za ovo istraživanje odabrana je obrada sirovih podataka u samoj BTP i zapis barem djelomično obrađenog seta podataka u odgovarajuće tablice u OTPbp.
Sirovi podaci zapisuju se u tablicu *t126btpZrake*, a obrađeni podaci zapisuju se u još tri tablice u OTP bazi.

Dakle, izravno iz BTP aplikacije u bazu se upisuju podaci u slijedeće četiri tablice:

- T126BTPZRAKE
  - *svi sirovi podaci (rezultat mjerenja svih zraka)*
- T127BTPMJERNASLIKA
  - *podatak o broju svih sjecišta za svaku pojedinu zraku u radijalnom mjernom setu*
  - *izdvojeni podaci o prvim i zadnjim točkama sjecišta zraka (najbliža i najudaljenija sjecišta od X osi)*
  - *tablica se temelji na podacima iz t126btpZrake, dodaju se i izvedena (računska) polja.*
- T128BTPMJERNIALBUM
  - *tablica se temelji na podacima iz t127MjernaSlika*
  - *u tablicu se upisuju samo zbirni podaci iz različitim mjernih slika*
- T129BTPGEOMETRIJA
  - *sumarni podaci izdvojeni iz tablica t126btp… do t128btp…*
  - *uz sumarne podatke u tablicu se dodaju i .jpg. datoteke sa 8 osnovnih geometrijski prikaza 3DM, kao što je navedeno u tablici 27.*

Tablica 27 *t129btpGeometrija – podaci o geometriji i obliku 3DM* *[0]*

R. br.	Skup		Oznaka	Naziv značajke btp-a	Vrsta podatka	Komentar
1	CAD DATOTEKA	BAZA	TA1	IDGEO	AutoNumber	puni se u bazi, nije u zapisu
2			TA2	SKbtp	DC-S0	broj btp-a mjerenog 3DM
3		NACRTNA GEOMETRIJA	TA3	STANDARDNI	Grafika (.jpg)	Izometrija
4			TA4	PREDODREĐENI (DEFAULT)	Grafika (.jpg)	Izometrija s druge strane
5			TA5	NACRT PREDNJI	Grafika (.jpg)	Pogled sprijeda
6			TA6	NACRT STRAŽNJI	Grafika (.jpg)	Pogled odostraga
7			TA7	BOKOCRT LIJEVI	Grafika (.jpg)	Pogled s lijeva
8			TA8	BOKOCRT DESNI	Grafika (.jpg)	Pogled s desna
9			TA9	TLOCRT ODOZGO	Grafika (.jpg)	Pogled odozgo
10			TA0	TLOCRT ODOZDO	Grafika (.jpg)	Pogled odozdo

Iako grafički podaci nisu od koristi za samu obradu podataka, mogu poslužiti pri izradi preglednijih izvješća u svrhu eventualne provjere rezultata mOTP od strane tehnologa.

U ovom odjeljku se opisuju algoritmi za izdvajanje podataka i zaključivanje o dodatnim podacima u svakoj od navedenih tablica vezanih uz projiciranje zraka 3DM, ali prije toga su navedeni općenite zakonitosti.
Na temelju broja sjecišta jedne zrake sa plohama na 3DM, za zaključivanje o poprečnom presjeku općenito vrijedi:

- BROJ SJECIŠTA (BILO KOJE ZRAKE U PROMATRANOM MJERENJU)
  - *nMT=1* - *puni presjek (puni profil bez uzdužnih ili poprečnih značajki)*
  - *nMT=2* - *šuplji presjek (šuplji profil bez uzdužnih ili poprečnih značajki)*
  - *nMT>2* - *rupičasti ili profilni presjek (uzdužne ili poprečne značajke)*
  - *nMT= naparan broj* - *puni presjek (sa ili bez uzdužnih ili poprečnih značajki)*
  - *nMT= paran broj* - *šuplji presjek (sa ili bez uzdužnih ili poprečnih značajki)*

Iako su zrake beskonačne, u daljnjem tekstu će se koristiti izraz „duljina zrake“ za udaljenost sjecišta zrake od osi X do plohe na 3DM.
Budući da je ishodište svih zraka na osi X, to znači da je za radijalni set zraka (ravnina YZ) udaljenost od osi X do sjecišta jednaka duljini polarne koordinate (r).
Iz tog razloga nije potrebno „duljinu zrake“ posebno označavati, već se za udaljenost plohe od osi X („duljina zrake“) može koristiti postojeća oznaka: $R_{i;j;k}$
Obzirom na duljinu zrake, općenito su moguća tri stanja:

- DULJINA ZRAKE
  - $R_{i;j;k} = 0$ *za radijalni set zraka ovo nije moguće stanje*
  - *(značajno bi bilo kod korištenja alata disk ili prsten – prilog D)*
  - $0 < R_{i;j;k} < \infty$ *radi se o sjecištu sa plohom čija udaljenost od osi X je upravo radijus zamišljene kružnice*
  - $R_{i;j;k} = \infty$ *radi se o prolaznoj rupi, otvoru, ili prorezu (prazno polje u zapisu)*

Iako je oblik profila definiran vanjskim i unutarnjim oblikom, u OTP metodi se posebno definira vanjski, a posebno unutarnji oblik 3DM.

- VANJSKI OBLIK
  - $R_{i;j;k=n}$
  - *k=n značI da se analiziraju isključivo, od osi X, najudaljenija sjecišta svake od 24 zrake radijalnog seta, i to kao cjelina*
  - $nMT_{i;j;k} = 1 \rightarrow k = 1 = n$ *odnosno n=1*

    Poseban slučaj kada se vanjski oblik definira sa duljinom zrake koja je ujedno i najbliža i najudaljenija od osi X (puni komad bez uzdužnih ili poprečnih značajki na promatranom presjeku).
- UNUTARNJI OBLIK
  - $R_{i;j;k=1}$
  - *k=1 značI da se analiziraju isključivo, od osi X, najbliža sjecišta svake od 24 zrake radijalnog seta, i to kao cjelina*
  - $nMT_i = paran\ broj$

    Unutarnji oblik postoji samo u slučaju kada je broj sjecišta na svim zrakama paran. Iznimka je u slučaju otvorenih profila kod kojih je više zraka u nizu bez sjecišta, (L profil, ili U (C) profil).

Iako nije potrebno povezivati vanjski i unutarnji oblik 3DM, iznimno je važno da se duljine svih 24 zrake ispravno svrstaju prema vanjskom i unutarnjem obliku.
Dakle, za definiranje vanjskih i unutarnjih sjecišta potrebno je voditi računa i o ukupnom broju sjecišta na istoj zraci, obzirom na parnost i neparnost tog broja.

Za definiranje oblika poprečnog presjeka 3DM koriste se rezultati samo jednog mjerenja.

5.3.1 Mjerna slika

Jednu mjernu sliku čine podaci o svim sjecištima svih 24 zrake radijalnog seta na točno određenoj udaljenosti po osi X. Obzirom na slojevitost i brojnost mogućih objekata mjerne slike, potrebno je posebnu pažnju posvetiti označavanju podataka na mjernoj slici, odnosno u pripadajućoj tablici u OTPbp u koju se mjerna slika zapisuje.

- OZNAKE VEZANE UZ MJERNU SLIKU
  - OPĆENITI ZAPIS OZNAKE

$$\boldsymbol{predoznakaNAZIV_{struktura_{KRITERIJ}}}$$

    - *Predoznaka se uvijek piše malim slovima ispred naziva objekta. Mala slova ispred naziva objekta označavaju da se radi o podatku koji ovisi o ostalim istovrsnim podacima u mjernoj slici.*
    - *Naziv je ime objekta na mjernoj slici. Uvijek se označava velikim slovima. Iz tog razloga se i za duljinu polarne koordinate, radijus koji se uobičajeno označava malim slovom „r", koristi oznaka „R".*
    - *Struktura se uvijek piše malim slovima, odvojeno znakom točka-zarez „;". Ovisno o objektu struktura može sadržavati jedno do tri slova (i; j; k).*
    - *Kriterij se uvijek piše velikim slovima, a označuje specifičnost istovrsnih podataka.*
  - PREDOZNAKE
    - α *kut između istovrsnih objekata*
    - n *broj istovrsnih objekata*
    - m *broj nizova istovrsnih objekata*
    - q *broj objekata u maksimalnom nizu istovrsnih objekata*
    - o *odnos između dva istovrsna objekta (omjer- operacija dijeljenja)*
    - p *polje (interval) između dva istovrsna objekta (razlika – operacija oduzimanja)*
  - NAZIVI
    - *MS* ***M**jerna **S**lika (set od 24 radijalne zrake)*
    - *MP* ***M**jerni **P**ravac (mjerna zraka)*
    - *MT* ***M**jerna **T**očka (sjecište zrake i plohe)*
    - *X* ***X** koordinata mjerne točke*
    - *Y* ***Y** koordinata mjerne točke*
    - *Z* ***Z** koordinata mjerne točke*
    - *R* ***R**adijus mjerne točke u polarnom koordinatnom sustavu*
    - *∅* *kut mjerne točke u polarnom koordinatnom sustavu (veza: redni broj MP)*
    - *D* ***D**ijagonala: udaljenost mjernih točaka na komplementarnim pravcima*
    - *TD* ***T**ežište dijagonale: središte dijagonale u odnosu na $X_i; Y_0; Z_0$*
    - *V* ***V**ertikala: okomita udaljenost sjecišta zrcalnih točaka po osi Z*
    - *VP* ***V**ertikalni **P**omak zrcalne točke po osi Z*
    - *H* ***H**orizontala: vodoravna udaljenost sjecišta zrcalnih točaka po osi Y*
    - *HP* ***H**orizontalni **P**omak zrcalne točke po osi Y*
  - STRUKTURA OZNAKE POLOŽAJA OBJEKTA
    - *i* *redni broj mjerne slike (pozicija po osi X)* $i \rightarrow 0$ *do* n
    - *j* *redni broj zrake u mjernoj slici (pozicija u odnosu na os Z)* $j \rightarrow 1$ *do* n
    - *k* *redni broj sjecišta na jednoj zraci (pozicija na samoj zraci)* $k \rightarrow 1$ *do* n
  - KRITERIJI ZA DEFINIRANJE ISTOVRSNIH SKUPINA OBJEKATA
    - *MAX* *objekti sa maksimalnom vrijednošću u skupu podataka*
    - *MIN* *objekti sa minimalnom vrijednošću u skupu podataka*
    - $\equiv$ *objekti sa identičnom vrijednosti u skupu podataka*
    - $\neq$ *objekti koji imaju manje vrijednosti od maksimalne, uključujući i minimalne*
    - ∞ *objekti sa beskonačnom vrijednošću (u ovom slučaju prazno polje)*

OBJEKTI MJERNE SLIKE

OSNOVNI OBJEKTI: IZMJERENE KOORDINATE POJEDINOG SJECIŠTA ($MT_{i;j}$)

- $X_{i;j;k}$ *koordinata sjecišta po osi X (konstantna za jednu mjernu sliku)*
- $Y_{i;j;k}$ *koordinata sjecišta po osi Y (poprima pozitivne i negativne vrijednosti)*
- $Z_{i;j;k}$ *koordinata sjecišta po osi Z (poprima pozitivne i negativne vrijednosti)*

- $\varphi_{i;j;k} = f(j)$ *kut zrake obzirom na os Z+ (redni broj zrake definira kut zrake)*
- $R_{i;j;k} = f(MT;\varphi)$ *duljina zrake (apsolutna, pozitivna vrijednost: $|R_{i;j;k}|$)*

POMOĆNI OBJEKTI: IZVEDENE VELIČINE NA TEMELJU OSNOVNIH OBJEKATA

- $D_{i;j;k}$ *dijagonala, odnosno ukupna duljina zrake na istom pravcu*

$$D_{i;j:k} = |R_{i;j;k}| + |R_{i;j+12;k}|$$

j+12 predstavlja komplementarnu zraku (suprotni smjer)
komplementarne zrake su: 1-13; 2-14; 3-15;…; 10-22; 11-23; 12;24
definira se za 12 pravaca, odnosno prvih 12 zraka (j=1 do 12)

- $TD_{i;j;k}$ *težište dijagonale, u odnosu na koordinatni sustav (Y=0;Z=0)*

$$TD_{i;j:k} = \frac{R_{i;j;k} - R_{i;j+12;k}}{2}$$

- $V_{i;j;k}$ *vertikala, projicirana udaljenost na os Y sjecišta zrcalnih, preko osi Z, zraka*

$$V_{i;j;k} = Y_{i;j;k} - Y_{i;\breve{j};k}$$

$\breve{j}$ predstavlja zrcalnu zraku preko osi Z koordinatnog sustava
zrcalne zrake: 2-24; 3-23; 4-22; 5-21; 6-20; 7-19; 8-18; 9-17; 10-16; 11-15; 12-14
definira se za 11 pravaca, odnosno zraka (j=2 do 12)

- $VP_{i;j;k}$ *vertikalni pomak, projicirana udaljenost na os Z , sjecišta zrcalnih, preko osi Z, zraka*

$$VP_{i;j:k} = Z_{i;j;k} - Z_{i;\breve{j}+;k}$$

- $H_{i;j;k}$ *horizontala, projicirana udaljenost na os Z sjecišta zrcalnih, preko osi Y, zraka*

$$H_{i;j;k} = Z_{i;j;k} - Z_{i;\tilde{j};k}$$

$\tilde{j}$ predstavlja zrcalnu zraku preko osi Y koordinatnog sustava
zrcalne zrake: 8-20; 9-21; 10-22; 11-23; 12-24; 13-1; 14-2; 15-3; 16-4; 17-5; 18-6
definira se za 11 pravaca, odnosno 11 zraka (j=8 do 18)

- $HP_{i;j;k}$ *horizontalni pomak, projicirana udaljenost na os Z , sjecišta zrcalnih, preko osi Y, zraka*

$$VP_{i;j:k} = Y_{i;j;k} - Y_{i;\tilde{j}+;k}$$

DODATNI OBJEKTI: MEĐUSOBNI ODNOSI OSNOVNIH I ILI POMOĆNIH OBJEKATA

- $oOZNAKA$ *odnos (omjer) između maksimalne i minimalne vrijednosti dva objekta*

$$oNAZIV_{i;j;k} = \frac{NAZIV_{i;j;k_{MAX}}}{NAZIV_{i;j;k_{MIN}}}$$

- $pOZNAKA$ *polje (interval) između maksimalne i minimalne vrijednosti dva objekta*

$$pNAZIV_{i;j;k} = NAZIV_{i;j;k_{MAX}} - NAZIV_{i;j;k_{MIN}}$$

SORTIRANJE OBJEKATA PO ISTOVRSNOM KRITERIJU : PREBROJENI PODACI

- $\alpha NAZIV_{i;j;k_{KRITERIJ}}$ *kut između promatranih objekata*
- $nNAZIV_{i;j;k_{KRITERIJ}}$ *broj istih objekata po odabranom kriteriju*
- $mNAZIV_{i;j;k_{KRITERIJ}}$ *broj nizova objekata po odabranom kriteriju*
- $qNAZIV_{i;j;k_{KRITERIJ}}$ *broj objekata u najvećem nizu po odabranom kriteriju*

OBJEKTI VEZANI UZ SJECIŠTA ZRAKA

POJEDINAČNI PODACI O SJECIŠTIMA POJEDINIH ZRAKA

- $nMT_{i;j}$ *broj sjecišta na jednoj zraci*

ZBIRNI PODACI O SJECIŠTIMA JEDNE MJERNE SLIKE

- $nMT_i = \sum_{j=1}^{24} nPT_{i;j}$ *ukupni broj sjecišta mjerne slike*
- $nMP_{i_{nepar}}$ *ukupni broj zraka sa neparnim brojem sjecišta (puni profil)*
- $nMP_{i_{par}}$ *ukupni broj zraka sa parnim brojem sjecišta (šuplji profil)*
- $nMT_{i_{MAX}}$ *maksimalni broj sjecišta na samo jednoj zraci (uzdužno-poprečne rupe)*
- $nMP_{i_{MAX}}$ *broj zraka sa maksimalnim brojem sjecišta*
- $mMP_{i_{MAX}}$ *broj nizova zraka sa maksimalnim brojem sjecišta*
- $qPM_{i_{MAX}}$ *broj zraka u najvećem nizu sa maksimalnim brojem sjecišta*
- nMP_{i_∞} *broj zraka bez sjecišta*
- mMP_{i_∞} *broj nizova zraka bez sjecišta*
- qMP_{i_∞} *broj zraka u najvećem nizu bez sjecišta*
- nMP_{i_1} *broj zraka sa samo jednim sjecištem*
- mMP_{i_1} *broj nizova zraka sa samo jednim sjecištem*
- qMP_{i_1} *broj zraka u najvećem nizu sa samo jednim sjecištem*
- nMP_{i_2} *broj zraka sa samo dva sjecišta*
- mMP_{i_2} *broj nizova zraka sa samo dva sjecišta*
- qMP_{i_2} *broj zraka u najvećem nizu sa samo dva sjecišta*
- nMP_{i_3} *broj zraka sa tri sjecišta*
- mMP_{i_3} *broj nizova zraka sa tri sjecišta*
- qMP_{i_3} *broj zraka u najvećem nizu sa tri sjecišta*
- nMP_{i_4} *broj zraka sa četiri sjecišta*
- mMP_{i_4} *broj nizova zraka sa tri sjecišta*
- qMP_{i_4} *broj zraka u najvećem nizu sa tri sjecišta*
- $nMP_{i_{n>3;nepar}}$ *broj zraka sa više od tri sjecišta, neparan broj sjecišta*
- $nMP_{i_{n>4;par}}$ *broj zraka sa više od četiri sjecišta, paran broj sjecišta*

U tablici 28 prikazan je dio tablice napravljene u MS Excelu, na temelju koje je napravljen dio algoritma za definiranje oblika presjeka u mjernoj slici.
Prikazani podaci odnose se na sjecišta zraka sa plohama na 3DM za jednu mjernu sliku.
Podaci koje je potrebno odrediti metodom projiciranih zraku upisuju se u prazna (bijela) polja u tablici. Svi ostali prikazani podaci se mogu računski odrediti. Potrebne jednadžbe za njihovo kvantificiranje sastavni su dio algoritma. Kako se radi o uobičajenim statističkim funkcijama, jednadžbe se posebno ne navode u ovom tekstu. Vide se u MS Excel tablici.

Polja sa računskim podacima ne bi nužno trebala biti dio BTP, već bi se mogli ovi podaci izračunati i naknadno, u samoj OTPbp, nakon preuzimanja .btp.
Međutim, zbog potrebe da se odmah u BTP definiraju podaci za mjerni album, i računski podaci su dio .btp.

Tablica 28 MS Excel – dio tablice sjecišta radijalnog seta zraka [0]

PREDODREĐENO		MJERNA SLIKA		
i	0	SJECIŠTA		
j	φ_i	$nMT_{i;j}$	Podatak	vrijednost
1	0	1	nMT_i	90
2	15	2	$nMP_{i_{NEPAR}}$	14
3	30	3	$nMP_{i_{PAR}}$	10
4	45	4	$nMT_{i_{MAX}}$	11
5	60	5	$nMP_{i_{MAX}}$	2
6	75	6	$mMP_{i_{MAX}}$	1
7	90	7	$qMP_{i_{MAX}}$	2
8	105	8	nMP_{i_∞}	3
9	120	9	mMP_{i_∞}	0
10	135	10	qMP_{i_∞}	0
11	150	11	nMP_{i_1}	7
12	165	11	mMP_{i_1}	2
13	180	0	qMP_{i_1}	3
14	195	2	nMP_{i_2}	3
15	210	2	mMP_{i_2}	1
16	225	1	qMP_{i_2}	2
17	240	1	nMP_{i_3}	2
18	255	0	mMP_{i_3}	0
19	270	1	qMP_{i_3}	0
20	285	0	nMP_{i_4}	1
21	300	1	mMP_{i_4}	0
22	315	3	qMP_{i_4}	0
23	330	1	$nMP_{i_{n>3;nepar}}$	5
24	345	1	$nMP_{i_{n>3;par}}$	4

OBJEKTI VEZANI UZ POLARNE KOORDINATE

OSNOVNE VELIČINE

- $R_{i;j;k}$ *duljina zrake - izmjereno*
- $\varphi_{r_{i;j;k}}$ *kut zrake obzirom na os Z+ (redni broj zrake definira kut zrake)*

IZVEDENI PODACI

- $D_{i;j;k}$ *dijagonala, odnosno ukupna duljina zrake na istom pravcu*

$$D_{i;j:k} = \left|R_{i;j;k}\right| + \left|R_{i;j+12;k}\right|$$

- $T_{i;j;k}$ *težište dijagonale u odnosu na koordinatni sustav*

$$T_{i;j:k} = \frac{R_{i;j;k} - Rr_{i;j+12;k}}{2}$$

MAKSIMALNA DULJINA ZRAKE (MAX)

- $R_{i;j;k_{MAX}}$ *maksimalna apsolutna vrijednost duljine zrake (mm)*
- $nR_{i;j;k_{MAX}}$ *broj zraka maksimalne duljine*
- $mR_{i;j;k_{MAX}}$ *broj nizova zrake maksimalne duljine*
- $qR_{i;j;k_{MAX}}$ *maksimalni broj zraka u najvećem nizu maksimalne duljine*

MINIMALNA DULJINA ZRAKE (MIN)

- $R_{i;j;k_{MIN}}$ *minimalna apsolutna vrijednost duljine zrake (mm)*
- $nR_{i;j;k_{MIN}}$ *broj zraka minimalne duljine*
- $mR_{i;j;k_{MIN}}$ *broj nizova zrake minimalne duljine*
- $qR_{i;j;k_{MIN}}$ *maksimalni broj zraka u najvećem nizu minimalne duljine*

IDENTIČNE DULJINA ZRAKE RAZLIČITE OD MAKSIMALNE ILI MINIMALNE (≡)

- $R_{i;j;k_{\equiv}}$ *apsolutna vrijednost duljine zrake (mm)*
- $nR_{i;j;k_{\equiv}}$ *broj zraka identične duljine*
- $mR_{i;j;k_{\equiv}}$ *broj nizova zrake identične duljine*
- $qR_{i;j;k_{\equiv}}$ *maksimalni broj zraka u najvećem nizu zraka identične duljine*

ZRAKE DULJINE MANJE OD MAKSIMALNE UKLJUČUJUĆI I MINIMALNE (#)

- $nR_{i;j;k_{\#}}$ *broj zraka sa manjim sjecištem od maksimalnog*
- $mR_{i;j;k_{\#}}$ *broj nizova zrake sa manjim sjecištem od maksimalnog*
- $qR_{i;j;k_{\#}}$ *maksimalni broj zraka u najvećem nizu zraka manjih od maksimalnih*

ZRAKE BEZ SJECIŠTA (∞)

- $nR_{i;j;k_{\infty}}$ *broj zraka bez sjecišta*
- $mR_{i;j;k_{\infty}}$ *broj nizova zrake bez sjecišta*
- $qR_{i;j;k_{\infty}}$ *maksimalni broj zraka u najvećem nizu bez sjecišta*

MAKSIMALNA DIJAGONALA (MAX)

- $D_{i;j;k_{MAX}}$ *maksimalna apsolutna vrijednost duljine dijagonale*
- $nD_{i;j;k_{MAX}}$ *broj dijagonala maksimalne duljine*
- $mD_{i;j;k_{MAX}}$ *broj nizova dijagonala maksimalne duljine*
- $qD_{i;j;k_{MAX}}$ *maksimalni broj zraka u najvećem nizu maksimalne dijagonale*

MINIMALNA DIJAGONALA (MIN)

- $D_{i;j;k_{MIN}}$ *minimalna apsolutna vrijednost duljine dijagonale*
- $nD_{i;j;k_{MIN}}$ *broj dijagonala minimalne duljine*
- $mD_{i;j;k_{MIN}}$ *broj nizova dijagonala minimalne duljine*
- $qD_{i;j;k_{MIN}}$ *maksimalni broj zraka u najvećem nizu minimalne dijagonale*

DIJAGONALA BEZ SJECIŠTA (∞)

- $nD_{i;j;k_{\infty}}$ *broj dijagonala bez duljine*
- $mD_{i;j;k_{\infty}}$ *broj nizova dijagonala bez duljine*
- $qD_{i;j;k_{\infty}}$ *maksimalni broj zraka u najvećem nizu dijagonala bez duljine*

- DIJAGONALE MANJE OD MAKSIMALNE UKLJUČUJUĆI I MINIMALNE (#)
  - $nD_{i;\vec{j};k_{\#}}$ *broj dijagonala sa manjim sjecištem*
  - $mD_{i;\vec{j};k_{\#}}$ *broj nizova dijagonala sa manjim sjecištem*
  - $qD_{i;\vec{j};k_{\infty}}$ *maksimalni broj dijagonala u najvećem nizu zraka manjih od maksimalnih*
- DIJAGONALE GLAVNIH OSI (VISINA I ŠIRINA)
  - $D_{i;j;k_{7+19}}$ *visina (po osi Y)*

$$D_{i;j;k_{7+19}} = \left|R_{i;j=7;k}\right| + \left|R_{i;j=19;k}\right|$$

  - $D_{i;j;k_{1+13}}$ *širina (po osi Z)*

$$D_{i;j;k_{1+13}} = \left|R_{i;j=1;k}\right| + \left|R_{i;j=12;k}\right|$$

  - $VS_{i;j;k}$ *odnos visine i širine*

$$VS_{i;j;k} = \frac{D_{i;j;k_{7+19}}}{D_{i;j;k_{1+13}}}$$

  - $SV_{i;j;k}$ *odnos širine i visine*

$$SV_{i;j;k} = \frac{D_{i;j;k_{1+13}}}{D_{i;j;k_{7+19}}}$$

- TEŽIŠTE PRAVACA
  - $nT_{i;j;k_0}$ *broj dijagonala sa težištem u centru (ista duljina komplementarnih zraka)*
  - $nT_{i;j;k_0}$ *broj nizova dijagonala sa težištem u centru*
  - $qT_{i;j;k_0}$ *broj dijagonala u najvećem nizu težišta u centru*
  - $T_{i;j;k_{MAX}}$ *maksimalna apsolutna vrijednost težišta*
  - $nT_{i;j;k_{MAX}}$ *broj dijagonala sa maksimalnim težištem*
  - $nT_{i;j;k_{MAX}}$ *broj nizova dijagonala sa maksimalnim težištem*
  - $qT_{i;j;k_{MAX}}$ *broj dijagonala u najvećem nizu maksimalnih težišta*

- INTERVAL
  - $pR_{i;j;k}$ *interval između maksimalne i minimalne duljine zrake*

$$\Delta R_{i;j;k} = \left|R_{i;j;k_{MAX}}\right| - \left|R_{i;j;k_{MIN}}\right|$$

  - $pD_{i;j;k}$ *interval između maksimalne i minimalne dijagonale*

$$\Delta D_{i;j;k} = \left|D_{i;j;k_{MAX}}\right| - \left|D_{i;j;k_{MIN}}\right|$$

OBJEKTI VEZANI UZ PRAVOKUTNE KOORDINATE

- RAZLIČITOST U ODNOSU NA POLARNE KOORDINATE
  - *u odnosu na polarni sustav gdje je sjecište definirano duljinom zrake (R), ovdje se sjecište definira kao točka u prostoru koja je određena trima vrijednostima (X;Y;Z).*
  - *u odnosu na polarni sustav, gdje su izvedeni podaci parova zraka vezani uz dijagonale i njihova težišta, ovdje su izvedeni podaci parova zraka vezani na projicirane duljine paralelno sa glavnim osima koordinatnog sustava*
- SLIČNOST U ODNOSU NA POLARNE KOORDINATE
  - *dodatni podaci i podaci nastali temeljem sortiranja dijele isti princip sa polarnim sustavom, te se neće posebno navoditi u tekstu, iako postoje u algoritmu*
  - *U oznaci objekta se mijenja samo naziv, dok ostali elementi oznake predstavljaju iste uvjete kao kod polarnih koordinata. Umjesto npr.* $R_{i;j;k_{MAX}}$ *oznaka za najudaljeniju točku od osi X u smjeru osi Y je* $Y_{i;j;k_{MAX}}$
  - *Zbog nepotrebnog ponavljanja sličnih oznaka u nastavku se navode samo osnovne veličine, ali ne i dodatni podaci. Pretpostavka je da se u kasnije korištenim oznakama pri izradi algoritma, analogno, može nedvojbeno zaključiti koja oznaka predstavlja koji podatak*

- OSNOVNE VELIČINE
  - $X_{i;j;k}$ *koordinata u smjeru osi X osnovnog koordinatnog sustava (izmjereno)*
  - $Y_{i;j;k}$ *koordinata u smjeru osi Y osnovnog koordinatnog sustava (izmjereno)*
  - $Z_{i;j;k}$ *koordinata u smjeru osi Z osnovnog koordinatnog sustava (izmjerene)*
- IZVEDENI PODACI
  - $V_{i;j;k}$ *vertikala: projicirana udaljenost na os Y sjecišta zrcalnih zraka preko osi Z*
    $$V_{i;j;k} = Y_{i;j;k} - Y_{i;\breve{j};k}$$
  - $H_{i;j;k}$ *horizontala: projicirana udaljenost na os Z sjecišta zrcalnih zraka preko osi Y*
    $$H_{i;j;k} = Z_{i;j;k} - Z_{i;\tilde{j};k}$$
  - $VP_{i;j;k}$ *vertikalni pomak: projicirana udaljenost na os Y, sjecišta zrcalnih zraka preko osi Z*
    $$VP_{i;j:k} = Z_{i;j;k} - Z_{i;\breve{j}+;k}$$
  - $HP_{i;j;k}$ *horizontalni pomak: projicirana udaljenost na os Z , sjecišta zrcalnih zraka preko osi Y*
    $$HP_{i;j:k} = Y_{i;j;k} - Y_{i;\tilde{j}+;k}$$
- X KOORDINATA – POZICIJA SETA RADIJALNIH ZRAKA
  - $X_{i;j;k} = const = i$
  - $i \rightarrow 0; 1; 2; 3; \dots; L$ *pri čemu je L jednako duljini 3DM (podatak E5 ili O3 iz t120btp)*
  - *Vrijednost indeksa „i" je u pravilu cjelobrojna vrijednost, osim u zadnjem koraku iteracije, koji je definiran ukupnom duljinom izratka, a koja može niti decimalni broj, ali ne preciznija na više od dvije znamenke.*
  - *Definirana je položajem na koji se postavlja set radijalnih zraka*
  - *Za jedno mjerenje, jednu mjernu sliku vrijednost svih točaka je konstanta*
  - *„i" je indeks koji definira uzdužnu poziciju mjerne slike (po osi X)*
  - *Odabran je korak iteracije, pomaka po osi X, od 1 mm, pa je za jednu mjernu sliku upravo vrijednost indeksa „i" jednaka udaljenosti poprečnog presjeka od lijevog čela 3DM.*
  - *Početno mjerenje je uvijek u krajnjoj lijevoj točci po osi X, a to bi sukladno ograničenjima modeliranja koja su postavljena za OTP metodu trebalo biti vrijednost X=0 mm.*
- Y KOORDINATA – VISINA
  - *Y koordinata točke sjecišta zrake*
  - $V_{i;j;k}$ *projicirana udaljenost para točaka na os Y (visina)*
    $$V_{i;j;k} = Y_{i;j;k} - Y_{i;\breve{j};k}$$
  - $VP_{i;j;k}$ *projicirani pomak para točaka na os Z (nesimetričnost po širini)*
    $$VP_{i;j:k} = Z_{i;j;k} - Z_{i;\breve{j}+;k}$$
  - *ostale oznake analogno polarnom sustavu, samo za os Y*
- Z KOORDINATA – ŠIRINA
  - *Z koordinata točke sjecišta zrake*
  - $H_{i;j;k}$ *projicirana udaljenost para točaka na os Z (širina)*
    $$H_{i;j;k} = Z_{i;j;k} - Z_{i;\tilde{j};k}$$
  - $HP_{i;j;k}$ *projicirani pomak para točaka na os Y (nesimetričnost po visini)*
    $$VP_{i;j:k} = Y_{i;j;k} - Y_{i;\tilde{j}+;k}$$
  - *ostale oznake analogno polarnom sustavu, ili oznakama osi Y, samo za os Z*
- INTERVAL
  - $pY_{i;j;k}$ *interval između maksimalne i minimalne duljine zrake*
    $$pY_{i;j;k} = Y_{i;j;k_{MAX}} - Y_{i;j;k_{MIN}}$$
  - $pZ_{i;j;k}$ *interval između maksimalne i minimalne dijagonale*
    $$pZ_{i;j;k} = Z_{i;j;k_{MAX}} - Z_{i;j;k_{MIN}}$$

Za naglasiti je još jednom da se sortirane vrijednosti ne odnose na jednu zraku, nego na sve zrake u radijalnom setu. Odnosno, ne utvrđuje se npr. maksimalna i minimalna udaljenost sjecišta na pojedinoj zraci, nego se traži najudaljenije ili najbliže sjecište na uzimajući u obzir sva sjecišta svih zraka u jednom mjerenju.
Dakle, na istoj zraci moguće je postojanje više sjecišta, od kojih je samo jedno maksimalno udaljeno od osi X, a samo jedno minimalno udaljeno od osi X, ali u jednom mjerenju je moguće postojanje više sjecišta koja su jednako udaljena od osi X.
Analogno vrijedi i za druge kriterije za sortiranje, npr. kriterij beskonačnosti (∞), različitosti (≠), identičnosti (≡),…

Iako je moguće istim mjerenjem definirati profil presjeka, rezultati mjerenja se analiziraju posebno za vanjsku i posebno za unutarnju konturu profila. U analizi su uključene sve 24 zrake, a temelj za analizu je udaljenost sjecišta od osi X.
Za definiranje vanjskog oblika presjeka mjerodavna su najudaljenija sjecišta svih zraka mjerne slike. Unutarnji oblik presjeka određuje se na temelju najbližih sjecišta na svim zrakama mjerne slike.

Podjela profila na vanjski i unutarnji oblik presjeka prvenstveno je napravljena iz razloga pojednostavljenja analize. Uzduž osi X mogu se vanjski i unutarnji oblik presjeka mijenjati na različitim mjestima, pa bi analiza profila na svim mjestima bila složenija.
Profil je ionako definiran vanjskim i unutarnjim konturama, pa je utvrđivanje vanjskog i unutarnjeg oblika presjeka neophodno napraviti prije samog definiranja kompletnog profila.
Ako se zna da su tehnološki značajni geometrijski podaci vezani uglavnom uz mjesta na izratku gdje se mijenja njegov osnovni vanjski ili unutarnji oblik, potvrđuje se kao bolje rješenje analiziranja posebno vanjskih, te posebno unutarnjih ploha 3DM.
U BTP se odmah po samom mjerenju za svaki mjerni presjek definiraju vanjski i unutarnji oblik 3DM na tom mjestu, te njegove bočne ili uzdužne značajke.
Dodatno se može definirati i profil 3DM na promatranom presjeku, kao kombinacija vanjskog i unutarnjeg oblika, ali to nije nužno za mOTP.

Da bi se na temelju duljina svih zraka u jednom mjerenju moglo zaključivati o geometrijskom obliku poprečnog presjeka na udaljenosti po osi X na kojoj je mjerenje izvršeno, odnosno gdje je postavljen radijalni set zraka, potrebno je dovesti u vezu rezultate mjerenja sa značajkama pojedinih geometrijskih oblika.

Dostupni rezultati mjerenja su poznati i ranije opisani. U tablici 28 prikazan je dio tablice iz MS Excela na kojoj je temeljen set podataka potrebnih za definiranje mjerne slike.

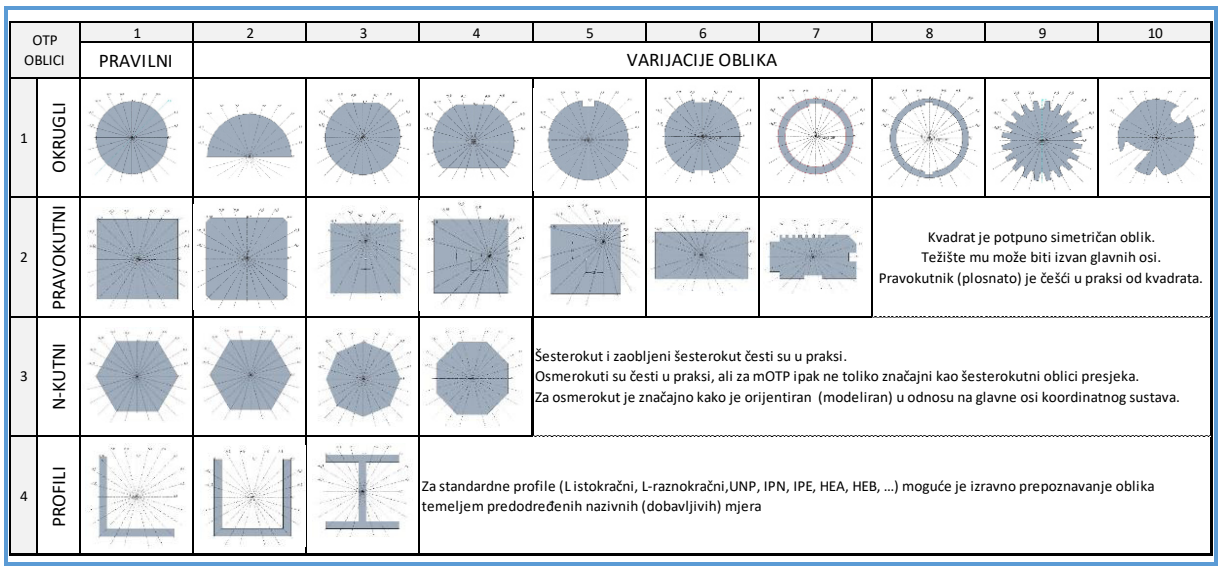
Tablica 29 MS Excel – dio tablice rezultata projiciranog seta zraka: izmjereni i izvedeni podaci [0]

PREDO	PREDBVO	MJERNA SLIKA			k	n	POMOĆNI PODACI (IZVEDENI)					MAX	MIN	=	≡	∞	VANJSKI OBLIK	DODATNI PODACI - SORTIRANI									PRESJEK
j	0	SJECIŠTA																									
j	φ_k	nMT_{kj}	Podatak	vrijednost	$Y_{kj,k}$	$Z_{kj,k}$	$R_{kj,k}$	D_{kk}	Y_{kk}	YP_{kk}	H_{kk}						Podatak	R	D	T	Y	V	VP	Z	H	HP	OBLIK
1	0	1	nMT_j	90	0,00	50,00	50,00	100,00			100,00	15					$R_{GR_{kk,k}}$	50,00	100,00		30,00			50,00			os novni oblik
2	15	2	$nMP_{kk,kk}$	14	12,94	50,00	50,00	100,00	25,88		98,30	15					$nR_{k,R_{kk,k}}$	24	12								podoblik
3	30	3	$nMP_{kk,k}$	10	25,00	43,30	50,00	100,00	50,00		86,60	15					$mR_{k,R_{kk,k}}$										D
4	45	4	$nMT_{kk,k}$	11	35,36	35,36	50,00	100,00	70,71		70,71	15					$qR_{k,R_{kk,k}}$										a
5	60	5	$nMP_{kk,kk}$	2	43,30	25,00	50,00	100,00	86,60		50,00	15					$R_{GR_{kk,kk}}$	50,00	100,00								b
6	75	6	$mMP_{kk,kk}$	1	48,30	12,94	50,00	100,00	96,59		25,88	15					$nR_{k,R_{kk,kk}}$	24	12								OK
7	90	7	$qMP_{kk,kk}$	2	50,00	0,00	50,00	100,00	100,00			15					$mR_{k,R_{kk,kk}}$										H
8	105	8	nMP_{kk}	3	48,30	-12,94	50,00	100,00	96,59		0,00	15					$qR_{k,R_{kk,kk}}$										
9	120	9	mMP_{kk}	0	43,30	-25,00	50,00	100,00	86,60		0,00	15					$R_{GR_{kk,kk}}$	50,00	100,00								
10	135	10	qMP_{kk}	0	35,36	-35,36	50,00	100,00	70,71		0,00	15					$nR_{k,R_{kk,kk}}$	24	12								
11	150	11	nMP_{k_1}	7	25,00	-43,30	50,00	100,00	50,00		0,00	15					$mR_{k,R_{kk,kk}}$										
12	165	11	mMP_{k_1}	2	12,94	-48,30	50,00	100,00	25,88		0,00	15					$qR_{k,R_{kk,kk}}$										
13	180	0	qMP_{k_1}	3	0,00	-50,00	50,00	0,00			0,00	15					$nR_{k,R_{kk}}$	0									
14	195	2	nMP_{kk}	3	-12,94	-48,30	50,00	0,00	0,00		0,00	15					$mR_{k,R_{kk}}$										
15	210	2	mMP_{kk}	1	-25,00	-43,30	50,00	0,00	0,00		0,00	15					$qR_{k,R_{kk}}$										
16	225	1	qMP_{kk}	2	-35,36	-35,36	50,00	0,00	0,00		0,00	15					$nR_{k,R_{kk}}$	0									
17	240	1	nMP_{kk}	2	-43,30	-25,00	50,00	0,00	0,00		0,00	15					$mR_{k,R_{kk}}$										
18	255	0	mMP_{kk}	0	-48,30	-12,94	50,00	0,00	0,00		0,00	15					$qR_{k,R_{kk}}$										
19	270	1	qMP_{kk}	0	-50,00	0,00	50,00	0,00	0,00			15					$aR_{0,k}$	1,00	1,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	
20	285	0	nMP_{k_1}	1	-48,30	12,94	50,00	0,00	0,00		48,30	15					$pR_{0,k}$	0,00	0,00	0,00	30,00		0,00	50,00	0,00	0,00	
21	300	1	mMP_{k_1}	0	-43,30	25,00	50,00	0,00	0,00		68,30	15					$R_{0,R_{kk,kk}}$	1200,00	1200,00	0,00							
22	315	3	qMP_{k_1}	0	-35,36	35,36	50,00	0,00	0,00		83,65	15					$R_{0,R_{kkk,kkk}}$	50,00	100,00	0,00							
23	330	1	$nMP_{kk,k}$	5	-25,00	43,30	50,00	0,00	0,00		99,30	15					$R_{0,R_{kkkkkkk}}$		1200								
24	345	1	$nMP_{kkk,kkk}$	4	-12,94	48,30	50,00	0,00	1,70		96,36	15					$aR_{0,R_{kkk}}$		0,00								

Prva pretpostavka mogućnosti prepoznavanja geometrijskog oblika na temelju podataka mjerne slike je postojanje predodređenih geometrijskih oblika. U praksi su mogući izradci raznovrsnih, u pravilu, složenih, geometrijskih oblika.
Za potrebe mOTP, i za najsloženije geometrijske oblike moguće je unaprijed odrediti značajke koje ih obilježavaju. Kriterij za prepoznavanje oblika su značajke koje definiraju oblik presjeka obzirom na tehnološku mogućnost njegova ostvarenja.
S tog aspekta mogu se geometrijski oblici presjeka podijeliti na:

- PRAVILNI
  - POTPUNI
    - *Okrugli* *(krug)*
    - *Pravokutni* *(kvadrat, pravokutnik)*
    - *N-kutni* *(trokut, šesterokut, osmerokut, ...)*
    - *Profilni* *(standardni profili tipa L; U; I;...)*
  - KRNJI
    - *Nastaju utjecajem bočnih značajki na osnovni oblik*
- NEPRAVILNI
  - SLOŽENI
    - *Nepravilni oblici ravnih bridova*
  - KOMBINIRANI
    - *Nepravilni oblici koje čine lukovi i pravci*
  - KRIVULJNI
    - *Nepravilni oblici sastavljeni od više lukova ili krivulja.*
  - OSTALI

Osnovni oblici presjeka nisu brojni, međutim, zbog bočnih, odnosno uzdužnih ili poprečnih značajki, često je promatrani profil varijacija iste vrste, pa i skupine oblika. To znači da se radi o istom osnovnom, ali nepotpunom obliku. Iz tog razloga je potrebno za svaku skupinu osnovnih oblika definirati i njihove često postojeće varijacije, i to kao tipove oblika.
Ovim istraživanjem obuhvaćeni su oblici prikazani na slici 35.



Slika 35 *OTP oblici presjeka* *[0]*

Svi oblici na slici 35 prikazani su sa radijalnim setom zraka. To je iz razloga da se uoče osnovni uvjeti za zaključivanje, kao što je to u nastavku detaljnije navedeno.

Na primjerima okruglih oblika pokazano je kako je moguće utvrditi odstupanje od potpunosti oblika. Prikazane su različite varijante krnjeg okruglog oblika. U krajnjem desnom stupcu prikazan je općeniti okrugli oblik.
Na primjerima pravokutnih oblika pokazana je mogućnost utvrđivanja oblika čije središte nije u centru promatrane ravnine. Za ovo istraživanje to je ravnina YZ. Plosnati oblik karakterističan je po tome što mu dijagonala koju čine zrake pod kutovima 45°- 255° (kao i (135° - 315°) mogu i ne moraju biti maksimalne.
Na primjerima pravilnih N-kutnika prikazana je mogućnost utvrđivanja zaobljenog oblika, na temelju odnosa maksimalne i minimalne dijagonale. Posebno je na primjeru osmerokuta prikazana i mogućnost utvrđivanja oblika za različite slučajeve orijentacije u odnosu na osi koordinatnog sustava.
Na primjerima pravilnih profila pokazana je mogućnost prepoznavanja „otvorenih“ profila. Iako za mOTP profili nisu od prevelikog značaja, uvršteni su u istraživanje zbog pokazivanja širine moguće primjene određivanja geometrijskog oblika radijalnim setom zraka.
Obzirom na ciljeve ovog istraživanja, neće se u ovom radu posebno analizirati oblici vrste profila, pa ni pravilnih N-kutnika.

Metoda analize pojedinih tipova oblika slična je za bilo koji oblik, a kao i za osnovne vrste oblika, a temelji se na različitim kombinacijama podataka vezanih uz mjernu sliku.

U prilogu [E] su date tablice sa uvjetima za definiranje svih navedenih oblika presjeka na temelju rezultata mjerenja radijalnim setom zraka. Navedeni uvjeti u tablicama još su i posebno tekstualno opisani. Tablice sadrže i set izlaznih podataka (iz mjerne slike u mjerni list).
Kao primjer, u ovom tekstu je prikazan kvadratni oblik presjeka u tablici 30.

Značajno je napomenuti da je podatke dobivene radijalnim setom projiciranih zraka moguće i detaljnije analizirati. Za oblike koji nisu obuhvaćeni ovim istraživanjem potrebno je napraviti dodatna istraživanja. Pri tome je očekivati da bi lakši put bio primjenom matematičko statističkih metoda na posebnim uzorcima. Nezavisne varijable u uzorcima bi bili podaci iz .btp, a zavisna varijabla bi bila za svaki uzorak samo jedna. Npr. traže se uvjeti za „prepoznavanje“ elipsastog oblika. U tom slučaju bi se napravio određeni broj elipsastih 3DM, različitih po izmjerama. Set tehnoloških značajki svih elipsastih 3DM bi se putem BTP upisao u OTPbp, nakon čega bi se moglo statistički utvrditi zajedničke njihove elemente.

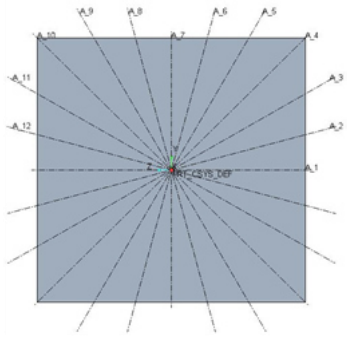
Drugi pristup daljnjem razvoju metode projiciranih zraka je primjena ostalih ovim istraživanjem razvijenih alata za projiciranje zraka na 3DM. Mogući alati „Sito“; „Prsten“, „Disk“ i „Češalj“ opisani su u prilogu [D] ovog rada. U istom prilogu naznačen je i mogući način kombiniranog korištenja projiciranja radijalnih i aksijalnih zraka na 3DM.

Ukoliko se uzme u obzir i mogućnost finijeg rastera snopa zraka, odnosno njegovog pomaka tijekom iterativnog postupka mjerenja, gotovo sa sigurnošću se može tvrditi da je moguće dohvatiti upravo potrebne podatke za prepoznavanje bilo kojeg tehnološki značajnog oblika izratka.

Pokazana mogućnost definiranja tehnološki značajne geometrije 3DM dostatna je za potrebe ovog istraživanja. U prilogu [E] su date tablice sa uvjetima prepoznavanja svih oblika prikazanih na prethodnoj strani, na slici 35.
Kao primjer, u osnovnom tekstu ovog rada, u nastavku su prikazani uvjeti za prepoznavanje kvadratnog oblika presjeka u tablici 30.

Tablica 30 — OTP oblici presjeka: KVADRAT — [0]

Ulazni podaci				
1	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izmjereno
2	$Y_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izmjereno
3	$Z_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izmjereno
4	$Z_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izmjereno
Uvjeti				
1	$mY_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
2	$qY_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	7		prebrojeno
3	$mY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno
4	$qY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	7		prebrojeno
5	$mZ_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
6	$qZ_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	7		prebrojeno
7	$mZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno
8	$qY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	7		prebrojeno
9	$\alpha R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	90		prebrojeno
10	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	4		prebrojeno
11	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	0		prebrojeno
12	$VS_{i;\vec{j};k}$	1		izračunato
13	$oD_{i;\vec{j};k}$	$\sqrt{2}$	$(\cong 1{,}4142)$	izračunato
14	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}} = Z_{i;\vec{j};k_{MAX}} = \lvert Y_{i;\vec{j};k_{MIN}} \rvert = \lvert Z_{i;\vec{j};k_{MIN}} \rvert$			



Izlazni podaci	kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija						
Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka	
	Pavokutnik	Kvadrat	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi	
Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
				$pZ_{i;\vec{j};k}$		na temelju X_{i+1}-X_i	$\sqrt{2} \times a$

Napomene

Potrebno je 8 uvjeta za utvrđivanje kvadratnog oblika, i to na temelju samo pravokutnih koordinata

Moglo bi se koristiti i uvjeti vezani sa maksimalnim duljinama zrake, ili računski uvjeta tipa visine,...

Dodatni uvjeti navedeni su kao primjer mogućnosti, ali i kao usporedba razlike u odnosu na podoblike

Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake maksimalne po osi Z (Analogno vrijedi i za uvjete 1; 3; 5 i 7)

U2: 7 je maksimalni broj zraka u nizovima u kojem su visine zraka maksimalne po osi Z (visina)
Sedam susjednih zraka maksimalne visine. (Analogno vrijedi i za uvjete 2 ;4; 6 i 8)

Prvih 8 uvjeta dovoljno je za nedvojbeno definiranje kvadratnog oblika (s centrom u osi X)

Dodatni kriteriji vrijede, ali nisu nužni. Služe kao dodatna potvrda potpunosti oblika. (I za razlikovanje od podoblka)

U9: Zajednički kut između zraka maksimalne duljine je 90 stupnjeva. Ovdje se eferira na Rmax, a ne na Zmax ili Ymax.

U10: Broj zraka maksimalne duljine je 4

U11: broj nizova maksimalnih zraka je 0. Ne postoje dvije susjedne zrake u radijalnom setu koje bi bile maksimalne dulji

U12: Odnos visine i širine jedanko 1. Visina i širina su jednake (odnos dijagonala glavnih osi)

U13: Omjer maksimalne i minimalne dijagonale iznosi 1,4142... (zaokružiti vrijednost na 4 decimale i onda usporedba)

U14: I maksimalne i minimalne vrijednosti po obje osi u apsolutnom su iznosu jednake.

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima (u ovom slučaju 8 uvjeta, a može i svih 14)

Podoblik se definira ako nije osnovni oblik potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere

Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike

Aksijalni oblik se definira istim postupkom i istim uvjetima za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)

Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno,

Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera

Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenog osnovnog oblika presjaka i zmjerenih duljina zraka.

U slučaju kvadrata dovoljna je samo jedna izmjera KI=a, a izračunava se kao razlika između maksimalne i minimaln

$pZ_{i;\vec{j};k} = Z_{i;\vec{j};k_{MAX}} - Z_{i;\vec{j};k_{MIN}}$ visine presjeka (Predoznaka je p, što znači polje, ili interval, odnosno operaciju oduzimanja)

U ovom slučaju Zmax je pozitivna vrijednost, a Zmin negativna, pa se zapravo vrijednosti zbrajaju

Primjer: Zmax =50; Zmin=-50, slijedi : 50-(-50) = 50+50 = 100 mm ("a"= širina i visina) kvadrata.

Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog položaja istog oblika. Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere. Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.

D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka. Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

Izlazni podaci vezani uz oblik i podoblik presjeka, te karakteristične izmjere definirani su uvjetima navedenim u tablicama oblika.
Uzdužna udaljenost mjerne slike od ishodišta osi X automatski se određuje na temelju rednog broja koraka u iterativnom postupku mjerenja radijalnim setom zraka.

U tablici 30 je vidljivo da su u setu izlaznih podataka, uz osnovni oblik i podoblik, te karakteristične izmjere, uključujući i položaj mjerne slike na osi X, uključeni i podaci o radijalnom i aksijalnom obliku presjeka.
Izlazni podaci vezani uz bočne značajke, odnosno radijalne i aksijalne značajke definiraju se uvijek na isti način, neovisno o vrsti oblika ili podoblika presjeka.

Zaključivanje se u pravilu vrši samo na temelju podataka o broju sjecišta pojedinih zraka sa 3DM.

RADIJALNI OBLIK PRESJEKA

PROVJERA OBLIKA NA PROBUŠENOST

- *postoje dva moguća stanja*
- *ne probušeno – ako je zadovoljen uvjet da ne postoji ni jedna dijagonala bez sjecišta*
- *probušeno – ako je zadovoljen uvjet da je barem jedna dijagonala bez sjecišta, ili još jednostavnije: ako nije zadovoljen uvjet ne probušenosti*
- *Uvjet: AKO(* $nD_{i;\vec{j};k_\infty} = 0;0;1$*) (uobičajena sintaksa u MS EXCEL-u.)*
- *Ovdje se pod terminom probušeno smatra postojanje prolazne rupe.*

PROVJERA OBLIKA NA POTPUNOST

- *ova provjera je napravljena već u sklopu provjere osnovnog oblika (prvi korak)*
- *provjerava se oblik samo na prvih 6 predodređenih oblika*
- *ukoliko nije potvrđen ni jedan od provjerenih oblika smatra se da presjek nije potpun, nego nepotpun.*

SINTEZA PROBUŠENOSTI I POTPUNOSTI U ZAJEDNIČKI RADIJALNI KRITERIJ

- *predodređeni radijalni oblici definirani su tablicom t12U3RadijalniObliciPresjeka, i to kao kombinacija dva moguća stanja dvaju kriterija, dakle 4 moguća rezultata:*
  1: potpuni-neprobušeni,
  2: potpuni-probušeni,
  3: nepotpuni-neprobušeni,
  4: nepotpuni-probušeni
- *Kriterij radijalnog oblika označava se općenito oznakom T0_1, a obzirom na više zapisa u istoj tablici, vrijedi sustav oznaka sa umetnutim slovom retka u koji se zapisuje, kao što je opisano kod oznake aksijalnog oblika presjeka*

AKSIJALNI OBLIK PRESJEKA

ZAJEDNIČKE PRETPOSTAVKE

- *općenito vrijedi da se zrake bez sjecišta ne uzimaju u obzir u ovoj analizi (*nMP_{i_∞} *nije dio skupa podataka)*
- *zrake bez sjecišta u pravilu su posljedica bočnih značajki (rupa), dakle radijalno, a ne aksijalno svojstvo oblika presjeka.*

PROVJERA OBLIKA NA PUNOST

- *postoje dva moguća stanja: puni ili cjevasti oblik*
- *puni aksijalni oblik*
  *ako je zadovoljen uvjet da su **sve zrake** u mjernoj slici sa **neparnim** brojem sjecišta*
- *cjevasti aksijalni oblik*
  *ako je zadovoljen uvjet da su **sve zrake** u mjernoj slici sa **parnim** brojem sjecišta*
  ili još jednostavnije: ako nije zadovoljen uvjet potpunosti

- PROVJERA OBLIKA NA PERFORIRANOST
  - *postoji više mogućih stanja: okrugle rupe, otvori, i rupe i otvori istodobno*
  - *razlikovanje okruglih provrta od drugih oblika otvora moglo bi se utvrditi detaljnijom analizom, a ovo istraživanje će se zadovoljiti podjelom na perforirane i ne perforirane aksijalne oblike.*
  - *ne perforirani aksijalni oblik*
    *ako je zadovoljen uvjet da su **sve zrake** u mjernoj slici sa **maksimalno 2** sjecišta*
  - *perforirani aksijalni oblik*
    *ako je zadovoljen uvjet da je **barem jedna zraka** u mjernoj slici sa **više od 2** sjecišta, ili jednostavnije, ako nije zadovoljen uvjet ne perforiranosti*
- SINTEZA PUNOSTI I PERFORIRANOSTI U ZAJEDNIČKI AKSIJALNI KRITERIJ
  - *predodređeni aksijalni oblici definirani su tablicom t12U4AksijalniObliciPresjeka, i to kao kombinacija dva moguća stanja dvaju kriterija, dakle 4 moguća rezultata:*
    1: puni
    2: puni-perforirani,
    5: cjevasti
    6: cjevasti-perforirani
    oznake 3 i 4 predstavljaju finiju podjelu koja nije obuhvaćena ovim istraživanjem
  - *naziv aksijalnog oblika u OTPbp je općenito T0_2 (T nula donja crta 2), bez razmaka.*
    To je naziv polja u matrici tablice t129btpGeometrijau koju se podatak opisuje.
  - *budući se u t129btpGeometrija upisuju podaci o više od jednog oblika puna oznaka sadržava i slovo retka u kojem se opisuje određeni oblik. To slovo se umeće između slova T i broja 0 u oznaci.*
    npr. za maksimalni vanjski oblik oznaka aksijalnog oblika presjeka je TC0_2, a za minimalni unutarnji nutarnji oblik oznaka je TO0_2. Detalji su vidljivi u navedenoj tablici OTPbp.
  - *kriterij za odlučivanje formatu MS EXCEL zapisa je:*
    $TC0_2 = IF(And\ (nMP_{i_{par}} = 0;\ nMT_{i_{MAX}} \leq 2;$ *"Puni"*$;\ IF(And\ (nMP_{i_{par}} = 0;\ nMT_{i_{MAX}} > 2;$ *"Puni- perforirani"*$;\ IF(And\ (nMP_{i_{par}} > 0;\ nMT_{i_{MAX}} \leq 2;$ *"Cjevasti"*$;$ *"Cjevasti – perforirani"*$)))$

Prikazanim načinom utvrđivanja radijalnog i aksijalnog oblika u potpunosti je opisan i algoritam za kvantificiranje radijalnog i aksijalnog oblika presjeka.
Na temelju aksijalnog i radijalnog oblika presjeka može se utvrditi potreba za operacijom bušenja u tehnološkom procesu.

Površina presjeka (za pravilne, potpune i pune oblike) može se izračunati na temelju poznatih jednadžbi, a jednadžbe za svaki OTP oblik vezane uz ekvivalent promjera navedene su u njegovoj tablici sa uvjetima prepoznavanja.
D-ekvivalent je zapravo promjer opisane kružnice oblika i može biti značajan prilikom određivanja potrebnog polaznog materijala. U praksi su određene kvalitete materijala dobavljive gotovo u pravilu kao okrugle šipke, pa je i npr. prizmatične izratke polazni materijal okrugla šipka.
Ovi podaci se mogu i ne moraju uvrstiti u izlazne podatke mjerne slike. Budući se radi o računskim podacima, mogu se izvesti u bilo kojem trenutku obrade podataka, ali je praktičnije da se to napravi odmah kod analize mjerne slike, te da vrijednosti tih podataka budu sastavni dio .btp.

Preostali podatak o duljini kontinuiranog osnovnog oblika presjeka istih karakterističnih izmjera se ne može izračunati na temelju samo jedne mjerne slike, te se on izračunava u mjernom albumu. Polje „L (duljina osnovnog oblika)“ uvrštena je u tablicu 30 da se odmah naznači i mogući izgled izlaznog seta podataka iz mjernog albuma.

5.3.2 Mjerni album

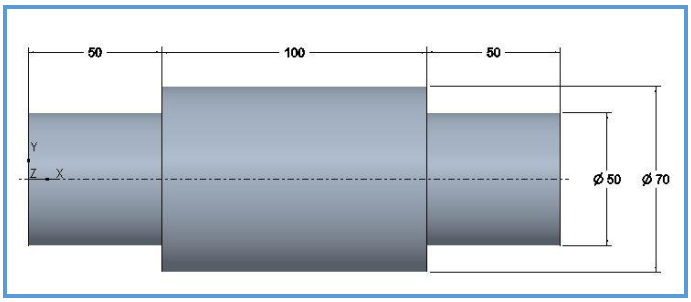
U nizu mjernih slika uzduž osi X, u pravilu postoje susjedne koje su identične, pa ih nije potrebno sve upisivati u mjerni album. Cilj je zapisati samo različite slike u mjerni album.

Uzimajući u obzir da su lijevo i desno čelo obavezni presjeci, odnosno da iteracija počinje rednim brojem 0, a završava sa ukupnom duljinom 3DM, te da je OTP korak iteracije jednako 1 mm, proizlazi da je maksimalni broj mjernih slika jednak duljini izratka u milimetrima +1.
Ipak, nije nužno potrebno u mjerni album dodati sve mjerne slike.
Naime na 3DM u pravilu postoje intervali uzduž osi X kod kojih se poprečni presjek ne mijenja, pa je za svaki interval istog oblika dovoljno u album dodati samo jednu sliku tog oblika.
Praktički se u mjerni album ulažu samo mjerne slike na rubnim presjecima, što se najbolje vidi na primjeru na slici 36.

Vidljivo je da prikazana osovina ima:

- SAMO DVA RAZLIČITA PRESJEKA
  - $D_v = 50\ mm$
  - $D_v = 70\ mm$
- TRI INTERVALA ISTOG PRESJEKA
  - $D_{v_{i=0}} = 50\ mm$
  - $D_{v_{i=50}} = 100\ mm$
  - $D_{v_{i=150}} = 50\ mm$

  - $D_{v_{i=L}} = 200\ mm$



Slika 36 Osovina sa dva rukavca [0]

Iako su lijevi i desni rukavac identični i po promjeru i duljini, ipak je potrebno svaki ugraditi u mjerni album.
Na slici je vidljivo da je za prikazanu osovinu duljine 200 mm dovoljno ugraditi samo 3 mjerne slike u mjerni album.
Budući je obavezno u mjerni album ugraditi mjernu sliku krajnjeg lijevog i krajnjeg desnog čela, u ovom primjeru je potrebno ugraditi još jednu mjernu slike kod koje dolazi do promjene presjeka izratka.
Dakle umjesto 201 mjerne slike u mjerni album se ugrađuju podaci o samo 4 mjerne slike i to na mjestima i=0, i=50; i=150, te i=200.

Oznake krajnjih pozicija mjernih mjesta (po osi X) su:

- I=0
  - *mjesto gdje počinje 3DM, iz ničega započinje prvi presjek.*
  - *Da bi se osiguralo da radijalni set nije tik do lijevog čela, nego da je „u izratku" pomiče se prvo mjerno mjesto za 0,1 mm. Dakle X=0,1 mm (oznaka i dalje ostaje i=0)*
- I=N=L
  - *mjesto gdje završava 3DM, prestaje postojanje bilo kojeg daljnjeg presjeka.*
  - *Da bi se osiguralo da radijalni set nije tik do desnog čela, nego da je još uvijek „u izratku" vraća se zadnje mjerno mjesto za 0,1 mm. Dakle X=L-0,1 mm (oznaka i dalje ostaje i=L), a to je ujedno i zadnje mjerno mjesto (i=n)*

Općenito vrijedi da je potreban broj mjernih slika u albumu jednak broju promjena presjeka plus 1.
Izbor mjernih slika koje je potrebno ugraditi u mjerni album temelji se na usporedbi susjednih mjernih slika.

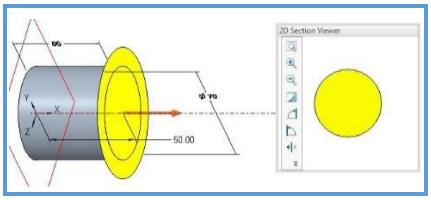
Pri tome je moguće 5 varijanti rezultata usporedbe trenutne (promatrane) i njoj prethodne mjerne slike. Moguća su slijedeće promjene stanja presjeka:

- NEMA RAZLIKE
  - $MS_i = MS_{i-1}$ *promatrana i prethodna mjerna slika su identične*
  - ***trenutna slika se „preskače", odnosno ne dodaje se u mjerni album***
- RAZLIKA JE SAMO U BROJU SJECIŠTA
  - $nMT_i \neq nMT_{i-1}$
  - $\Delta nMT_i = nMT_i - nMT_{i-1}$ *razlika ukazuje na promjenu aksijalnog oblika presjeka*
  - *razlika može biti pozitivna ili negativna*
  - $nMT_i > nMT_{i-1}$ *u slučaju pozitivne razlike na trenutnom presjeku nastaju dodatni aksijalni objekti (otvori, rupe ili profili)*
  - *povećanje broja mjernih točaka znači da otvor ide u pozitivnom smjeru osi X*
  - $nMT_i < nMT_{i-1}$ *u slučaju negativne razlike sa trenutnim presjekom prestaju postojati neki aksijalni objekti (otvori, rupe ili profili)*
  - *smanjenje broja mjernih točaka znači da otvor ide u negativnom smjeru osi X*
  - ***osnovni oblik i njegove karakteristične izmjere ostaju nepromijenjene, ali se mijenja aksijalni oblik presjeka (unutrašnjost oblika)***
- RAZLIKA JE U BROJU ZRAKA BESKONAČNE DULJINE
  - $nR_{i_\infty} \neq nR_{i-1_\infty}$
  - $\Delta nR_{i_\infty} = nR_{i_\infty} - nR_{i-1_\infty}$ *razlika ukazuje na promjenu radijalnog oblika izratka*
  - *razlika može biti pozitivna ili negativna*
  - $nR_{i_\infty} > nR_{i-1_\infty}$ *u slučaju pozitivne razlike na trenutnom presjeku nastaju dodatni radijalni objekti (otvori, rupe ili profili)*
  - $nR_{i_\infty} < nR_{i-1_\infty}$ *u slučaju negativne razlike sa trenutnim presjekom prestaju postojati neki aksijalni objekti (otvori, rupe ili profili)*
  - ***osnovni oblik i njegove karakteristične izmjere ostaju nepromijenjene, ali oblik dobiva različite bočne značajke***
- RAZLIKA JE U DULJINI POJEDINE ZRAKE
  - $R_{i_\Sigma} \neq R_{i-1_\Sigma}$
  - $\Delta R_{i_\Sigma} = R_{i_\Sigma} - R_{i-1_\Sigma}$ *razlika ukazuje na promjenu radijalnog oblika izratka*
  - *razlika može biti pozitivna ili negativna*
  - $R_{i_\Sigma} > R_{i-1_\Sigma}$ *u slučaju pozitivne razlike na trenutnom presjeku nastaju dodatni radijalni objekti (otvori, rupe ili profili)*
  - $R_{i_\Sigma} < R_{i-1_\Sigma}$ *u slučaju negativne razlike sa trenutnim presjekom prestaju postojati neki aksijalni objekti (otvori, rupe ili profili)*
  - ***osnovni oblik i njegove karakteristične izmjere ostaju nepromijenjene, ali se mijenja radijalni oblik presjeka*** *(npr. puni oblik postaje krnji, ili obrnuto)*
- RAZLIKA JE U MAKSIMALNOJ DULJINI ZRAKE
  - $R_{i_{MAX}} \neq R_{i-1_{MAX}}$
  - $R_{i_{MAX}} = R_{i_{MAX}} - R_{i-1_{MAX}}$ *razlika ukazuje na promjenu karakterističnih izmjera oblika*
  - *razlika može biti pozitivna ili negativna*
  - $R_{i_{MAX}} > R_{i-1_{MAX}}$ *u slučaju pozitivne razlike trenutni presjek raste*
  - $R_{i_{MAX}} < R_{i-1_{MAX}}$ *u slučaju negativne razlike trenutnim presjekom postaje manji*
  - ***osnovni oblik ostaje isti, ali se mijenjaju karakteristične izmjere oblika***

Uz navedene moguće osnovne promjene stanja, moguća je i njihova međusobna kombinacija, koje mogu rezultirati istovremenom promjenom više značajki oblika.
Za napomenuti je još jednom, da se osnovni oblik mijenja na temelju utvrđenih uvjeta i poznat je za svaku pojedinu sliku, neovisno o susjednoj.

Uz osnovni oblik za svaku mjernu sliku, već u tablici t*127btpMjernaSlika*, poznate su i ostale značajke presjeka koje se upisuju u tablicu *t128btpMjerniAlbum*.
Dakle, moguć je i jednostavniji kriterij za uvrštavanje mjernih slika u mjerni album.

Za mOTP najznačajniji su podaci o maksimalnom vanjskom i minimalnom unutarnjem obliku izratka. Iz tog razloga dovoljan kriterij za odabir slika u mjerni album je promjena osnovnog oblika ili karakterističnih izmjera osnovnih oblika presjeka.
Dakle, izbor slika koje će se uvrstiti u mjerni album, u mOTP temelji se na usporedbi osnovnog oblika presjeka i njegovih karakterističnih izmjera.
Moguće je da se unutar intervala istog osnovnog oblika nalaze i dodatne značajke izratka, kao npr. bočne rupe, pa se mjerna slika razlikuje u detaljima, ali se i dalje radi o istom osnovnom obliku profila. Nastojalo se i te promjene unijeti u mjerni album.



Slika 37 *Mjerna slika: Xi=50* *[0]*

Za svaku sliku u mjernom albumu upisuje se isti set podataka. Radi se o već spomenutom setu izlaznih podataka mjerne slike. Stoga je relativno lako formirati tablicu za upis podataka u mjerni album. Tablica je napravljena u OTPbp, kao što je već rečeno pod imenom t128MjerniAlbum, a temelji se na prvobitno napravljenoj tablici u MS Excelu.
Ovdje se u tablici 31 daje upravo prikaz tablice iz MS Excela. Vrijednosti u tablici su za prikazani 3DM na slikama 36 i 37.

Tablica 31 *Podaci o mjernim slikama u mjernom albumu* *[0]*

t128MjerniAlbum														
MJERNA SLIKA		RAZLIČITI OBLICI		IZLAZNI PODACI MJERNE SLIKE										
i	*Xi*	*j*	Lj	Oblik	Podoblik	*ϕ*	*OK*	H	a	b	Radijalni	Aksijalni	D-ekvivalent	Površina (mm2)
0	0,1	1	50	Okruglo	puno	50					1	1	50	1.963,49
50	50	2	100	Okruglo	puno	100					1	1	100	7.853,98
150	150	3	50	Okruglo	puno	50					1	1	50	1.963,49
200	199,9	4	desno čelo	Okruglo	puno	50					1	1	50	1.963,49

Malo slovo „i“ u indeksu oznake predstavlja iterativni korak mjerne slike, a malim slovom „j“ u indeksu označavaju se upravo one mjerne slike kod kojih počinje različit osnovni oblik (po obliku ili karakterističnim izmjerama).
Podaci o položaju mjerne slike su definirani postupkom mjerenja. Udaljenost po osi X uvijek je jednaka broju iterativnog koraka. Iznimka su prvi i zadnji korak iteracije, što je već ranije u ovom tekstu opisano.

Podaci u „zelenim“ stupcima su već ranije opisani. Radi se o izlaznim podacima mjerne slike. Stupci „Oblik“ i „Podoblik“, kao i „Aksijalni“ i Radijalni“, vezani su sa tablicama u OTPbp. To znači da ta polja mogu poprimiti samo neku od unaprijed definiranih vrijednosti u pripadajućim tablicama. Na ekranu može biti prikazan ili ID predodređene vrijednosti (broj), ili njen naziv. U .btp podatak je dugi cijeli broj, odnosno ID odabranog podatka.

Podatak o završetku presjeka istog osnovnog oblika iste karakteristične izmjere određuje se u samoj tablici, i to na temelju vrijednosti mjerne slike slijedećeg različitog presjeka obzirom na osnovni oblik i karakteristične izmjere.
Udaljenost mjerne slike po osi X od središta koordinatnog sustava slijedećeg različitog presjeka je ujedno i početak te mjerne slike, i završetak prethodne mjerne slike.

Ako se za ovu tablicu koriste interne oznake:

- XP_j
  - *Početna udaljenost j-tog intervala po osi X od središta koordinatnog sustava*
- XZ_j
  - *Završna udaljenost j-tog intervala po osi X od središta koordinatnog sustava,*
- L_j
  - *Duljina j-tog intervala, odnosno duljina osnovnog oblika presjeka*

vrijedi

$$XP_j = XZ_{j-1}$$

$$L_j = XZ_j - XP_j \quad (\text{ili} \quad L_j = XZ_j - XZ_{j-1})$$

Udaljenost prve mjerne slike, koja je obavezna u mjernom albumu, je na 0,1 mm od centra koordinatnog sustava. Iz tog razloga je ovih 0,1 mm potrebno pridodati duljini prvog oblika presjeka na 3DM.
Slično, vrijedi i za zadnju mjernu sliku, koja je isto tako obavezna u mjernom albumu. U ovom slučaju se mjerni položaj pomiče za 0,1 mm od čela prema centru koordinatnog sustava po osi X, pa je opet za izračun duljine oblika potrebno dodati tih 0,1 mm.
Za potrebe mOTP općenito nije potrebna preciznost podataka ispod jedne desetinke milimetra, tako da bi se ovi pomaci mogli i zanemariti.

Budući je moguć veći broj slika u mjernom albumu, radi pojednostavljenja daljnje obrade podataka iz albuma se izdvajaju u završnu tablicu *t129btpGeometrija* samo za mOTP značajna mjesta na 3DM. U ovu tablicu zapisuje se za vanjski i unutarnji oblik presjeka 5 osnovnih skupina podataka:

- *MAX - Maksimalni presjek*
- *MIN - Minimalni presjek*
- *L_{MAX} - Najdulji presjek (oblik koji ima najveću vrijednost u polju Lj)*
- *XO - Lijevo čelo 3DM (slika u nultom koraku iteracije)*
- *XL - Desno čelo 3DM (slika u zadnjem koraku iteracije)*

Za primjer u tablici T-37, koji se odnosi na vanjski oblik presjeka vrijedi:

- *MAX: j=2*
- *MIN: j=1*
- *L_{MAX}: j=2*
- *XO: j=1 (vrijedi za sve 3DM)*
- *XL: j=4 (4 je ujedno i zadnji mjerni oblik (j=n=max, vrijedi za sve 3DM).*

Moguće je da na 3DM postoji više maksimalnih ili minimalnih presjeka. U tom slučaju se zapisuje samo prvi od njih, gledajući po redoslijedu iteracije mjernih slika. Maksimalni presjek može se odrediti na temelju površine oblika punog presjeka, ili na temelju najveće duljine zrake $\left(R_{i;\vec{j};k_{MAX}}\right)$.

Uz detaljne podatke za navedenih 5 karakterističnih vanjskih i unutarnjih presjeka uzduž osi X, još se u .btp zapisuju i zbirni podaci vezani uz definiranje bočnih i aksijalnih značajki 3DM.

Na slici 31[O-083] prikazan je mogući izgled ekrana OTP softvera za prikaz geometrijskih podataka.

Sažetak primjene metode projiciranih zraka prikazan je i u prilogu [D] ovog rada.

5.4 OTP UZORCI

OTP uzorci, kao što je već ranije u ovom radu opisano, sastoje se od nezavisnih i zavisnih varijabli.

Nezavisne varijable temelje se na značajkama 3DM, i u pravilu su poznate. Za svaki uzorak nezavisne varijable se uvijek utvrđuju na isti način. Automatizirano, korištenjem BTP. Ovim istraživanjem je ostvaren automatizirani dohvat tehnološki značajnih svojstava 3DM. Dohvaćeni podaci predstavljaju osnovni set ulaznih podataka. Može se govoriti o predodređenom setu dostupnih podataka o 3DM.

Situacija sa zavisnim varijablama je upravo suprotna. Uglavnom se ne radi o nekom fiksnom setu podataka koji se želi istražiti. Štoviše, ne mora se uopće raditi o setu zavisnih podataka, već je moguće da se istražuje i samo jedna zavisna varijabla.

Uobičajeno je uzorak kojim se istražuje samo jedna varijabla dio nekog većeg uzorka, pa se može govoriti o vrstama, skupinama i tipovi uzoraka.
Praktično je odmah uvrstiti sve planirane zavisne varijable u uzorak, a onda sustavom upita u bazi podataka skupni uzorak podijeliti na više manjih uzoraka.
Korištenje manjih uzoraka pojednostavljuje istraživanje. Nije zanemariva ni mogućnost da se formiranjem više manjih uzoraka istraživanje (u eventualnom daljnjem razvoju komercijalnog OTP softvera) može podijeliti na više osoba, ili čak i tvrtki ili ustanova. Time se istraživanje može ne samo ubrzati, nego i dodatno produbiti.

Vezano uz ovo istraživanje, kao značajan, bio je planiran osnovni uzorak koji bi služio za kodiranje izradaka i izrade. Značajka ovog uzorka je da su zavisne varijable upravo znamenke kodnih mjesta OTPk i OTPbk. Dakle, radi se o relativno grubom uzorku.

Osnovni uzorak nazvan je „binarni“. Za daljnje istraživanje koje bi bila potaknuto uspjehom ovog istraživanja planiran je finiji uzorak obzirom na detaljnost uključenih podataka o zavisnim varijablama. Ovaj uzorak nazvan je „dekadski“.
Za slučaj komercijalne primjene mOTP, koja bi bila rezultat istraživanja na „dekadskom“ uzorku, planirani su i uzorci koji bi bili primjereni točno određenoj tvrtci (kupcu softvera). Ovi uzorci nazvani su „posebni“.
Za ovo istraživanje značajan je binarni uzorak, pa se ostali više neće dodatno opisivati u ovom radu. Za napomenuti je samo da su oni u određenoj mjeri već razrađeni i uključeni u OTPbp.

Priprema istraživanja napravljena je upravo na temelju zahtjeva binarnog uzorka. U OTPbp, i posljedično u BTP napravljene su tablice koje uz planirane nezavisne varijable uključuju i polja za ručni upis vrijednosti zavisnih varijabli. Kao što je već spomenuto, zavisne varijable su kodne znamenke OTPk i OTPbk.

Na slici 18[O-062] prikazana su polja za upis vrijednosti kodnih mjesta u OTPbp, tablica *t125SetParametara*, a na slici 19[O-063] prikazana su polja za upis vrijednosti kodnih mjesta u BTP.

Vidljivo je na obje slike da je predviđeno 6 polja za upis kodnih znamenki koda izrade. Polja se nalaze u retku Z matrice za upis zajedničkih podataka u *t120btp* u OTPbp. Planiran je OTP kod izrade koji se sastoji od 6 mjesta, a tako je ostalo i do kraja istraživanja. Glede, OTP koda izrade tijekom istraživanja nije se dogodila nikakva promjena u odnosu na planirano.

S druge strane, OTP kod izratka tijekom istraživanja se značajno mijenjao. Prvotno je planirano samo 5 kodnih mjesta, da bi se nakon formiranja baze podataka planiralo prvo 9, pa 11 i konačno 14 kodnih mjesta. Odstupanje od planiranog je uslijed ostvarenja većeg broja planiranih podataka u odnosu na očekivano u pripremi istraživanja. Bolji rezultat dohvata podataka u odnosu na očekivani rezultat.
Na slici 18[O-062] vidi se da je u OTPbp uključeno 13 polja za kod izratka, a na slici 19[O-063] vidi se da je u BTP uključeno 11 polja za ručni upis koda izratka.

Ova razlika je zapravo zorni prikaz rasta mOTP tijekom istraživanja. U prvim verzijama BTP uključeno je bilo 9 polja za OTP kod izratka. Dohvaćanjem sve više podataka, otvorila se i mogućnost dodatnih kodnih mjesta. Rezultati su ugrađeni u OTPbp, a potom je proširena i BTP na 9 polja. U kasnijim verzijama BTP ovaj broj je podignut na 11. U tom periodu istraživanja postajalo je jasno da bi se kod OTP izratka mogao određivati egzaktno. Bez potrebe za matematičko-statističkim metodama zaključivanja o povezanosti ulaznih i izlaznih podataka, na temelju uzorka.
Ovo implicira da neće biti potreban uzorak za istraživanje tehnološke klasifikacije. U tom trenutku odlučeno je da nije potrebno trošiti vrijeme na dodavanje polja za nova kodna mjesta u BTP. U OTPbp je to bilo relativno lako napraviti, pa je i napravljeno do 13 kodnih mjesta.
Naknadno, posljednje kodno mjesto uključeno u OTPk nije dodano ni na obrazac *f125SetParametara u OTPbp*. Radi se o kodnom mjestu „K8 - Voluminoznost“.

Naravno da je u OTPbp skupina tablica vezanih uz tehnološku klasifikaciju dopunjena sa tablicama za svako kodno mjesto izratka, pa tako i za zadnje dodano kodno mjesto „K8 – Voluminoznost“. Za primijetiti je da su kodna mjesta poredana sukladno skupinama kojima pripadaju, te je „Voluminoznost“, iako zadnje dodana, smještena ne na zadnje, 14 mjesto, nego na njoj pripadajuće mjesto u skupini prostornih podataka, 8 mjesto u OTPk.

Pri tome se nastojalo voditi računa o imenovanjima svih tablica, upita i obrazaca u Accessu, sukladno OTP standardu označavanja elemenata u OTPbp. Međutim, preimenovanje ranije stvorenih tablica, zbog veza sa drugim tablicama u OTPbp, moglo bi prouzročiti pogrešku u radu aplikacije. Zbog toga ranije stvorene tablice nisu preimenovane.

Dakle, oznake nekih od tablice kodnih mjesta OTPk odstupaju od standardnog sustava označavanja. Ovo se navodi samo kao upozorenje vezano uz analizu objekata u Accessu. Za napomenuti je da je preglednost popisa tablica osigurana dodavanjem još jednog mjesta (broja) u ime naknadno stvorenih tablica u OTPbp.
Slično je primijenjeno i za oznake upita, ali je to bilo potrebno u manjem broju slučajeva. Upiti su u pravilu stvarani nakon konačnog definiranja potrebnih tablica u OTPbp.

Jedan od osnovnih razloga odustajanja od stvaranja uzoraka koji bi uključivali i zavisne varijable, bio je i način određivanja vrijednosti kodnih mjesta izratka za određeni 3DM.
Neka od kodnih mjesta izračunavaju se matematičkim jednadžbama za usporedbu predodređenog intervala OTPk i stvarne vrijednosti 3DM. Konkretno to znači da bi istraživač za svaki od takvih podataka trebao to posebno usporediti i ručno upisati vrijednost u odgovarajuće polje u BTP. Potom se ta vrijednost, kao dio .btp, zapisuje u OTPbp. A to je moguće automatizmom usporediti u samom Accessu. I dobivenu vrijednost opet automatski upisati u odgovarajuće polje u OTPbp.

Dakle, neka od kodnih mjesta OTPk po svom karakteru su egzaktno odrediva. Npr. kodno mjesto K14 – količina određuje se egzaktno na temelju planirane količine izradaka.

Slično vrijedi i za kodna mjesta koja se ne određuju jednostavnim matematičkim jednadžbama usporedbe, nego je potrebno prepoznavanje, npr. oblika, od strane tehnologa. I za ovaj slučaj ponovno su potrebni određeni podaci na temelju kojih tehnolog donosi odluku.
Iz tog razloga se težište obrade podataka prebacilo na dohvat potrebnih podataka iz 3DM, a ne na tehnološku analizu 3DM i ručni upis vrijednosti zavisnih podataka.

Iako prestaje potreba za klasičnim uzorkom koji uz nezavisne uključuje i zavisne varijable, to ne znači da u istraživanju nije potrebno upisivati značajke 3DM u OTPbp.
Naprotiv, 3DM postaje temelj istraživanja, pa je potreba za 3DM još izraženija. Tijekom istraživanja napravljeno je preko 1.500 zapisa podataka o 3DM u OTPbp.

Na temelju analize upisanog seta podataka iz 3DM, donošene su odluke vezane uz:

- PTC CREO MODELIRANJU
  - *Ograničenja, preporuke, …*
- FUNKCIONALNOSTI BTP
  - *Mogućnost povezivanja, upravljanje parametrima, procedure za dohvat podataka*
- ZAPISU U OTPBP
  - *Sadržajnost, točnost,*

U prilozima ovog rada opisani su neki od provedenih postupaka analize i obrade podataka na temelju 3DM zapisanih u OTPbp.

Karakterističnost uzorka koji je nastao tijekom ovog istraživanja je njegova dinamička vrijednost. Svaki element ovog uzorka bio je značajan za istraživanje upravo u trenutku kada je nastao.
Svaki novi zapis u OTPbp napravljen je sa točno određenom svrhom. Uglavnom se radilo o provjeri trenutnog stanja BTP u cilju donošenja odluka o potrebnim aktivnostima daljnjeg razvoja .btp.
Za razliku od uobičajenih uzoraka za obradu podataka, koji su po prirodi statični, a vrijednost im se očituje u obradi podataka koja slijedi nakon formiranja uzorka, ovaj uzorak nije značajan u naknadnoj obradi podataka.

Dakle, nakon što se potvrdi funkcionalnost BTP, potpunost .btp i točnost podataka zapisanih u OTPbp, uzorak više nije potreban i može se ukloniti iz OTPbp. Ovo je posebno značajno za provedeno istraživanje, budući je korišten Access, čija je funkcionalnost značajno ovisna o samoj veličini baze podataka.
Mogućnost brisanja .btp iz OTPbp korištena je i tijekom samog istraživanja. U cilju ubrzanja rada Accesa, a po završenom istraživanju tablice u koje BTP zapisuje podatke u potpunosti su ispražnjene.

Rezultat ovog dijela istraživanja je u potpunosti definiran set podataka koji će se za bilo koji 3DM zapisati u OTPbp. Dakle, rezultat iskorištenog uzorka je .btp.
BTP nastao tijekom istraživanja čine brojni podaci, kojima je svima zajedničko da su tehnološki važni. No, za daljnju obradu podataka nisu svi ti podaci istovremeno potrebni. Potrebnost podataka određuje se na temelju zavisne varijable čiju vrijednost je potrebno odrediti. Umjesto posebnog uzorka, ovdje se radi o posebnom setu podataka.

Ovim istraživanjem žele se odrediti kod izratka i kod izrade, pa je iz .btp potrebno izdvojiti upravo one podatke koji su potrebni da bi se to ostvarilo.

5.5 OTP SETOVI PODATAKA ZATEHNOLOŠKU KLASIFIKACIJU

Jedna od karakteristika, ovim istraživanjem stvorenog, .btp je i velik broj obuhvaćenih podataka. Svi uključeni podaci značajni su za tehnološki postupak kao cjelinu, ali ne i za sve njegove pojedinačne elemente. Prije same tehnološke klasifikacije poželjno je izdvojiti upravo potrebne podatke obzirom na nezavisne varijable koje se žele kvantificirati.

Ovo bi bilo moguće statističkim metodama, utvrđivanjem međusobne korelacije podataka, što se može relativno lako utvrditi korištenjem postojećih statističkih metoda.
Dodatno bi bilo moguće utvrditi „težinske udjele“, odnosno značaj svakog pojedinog podatka na zavisne varijable. Preduvjet za to bi bio uzorak koji bi sadržavao uz .btp i podatke o tehnološkom procesu pretvaranja 3DM u izradak, odnosno i zavisne varijable.
Ovaj pristup će svakako biti potreban u daljnjem razvoju mOTP, prvenstveno za detaljnije definiranje pojedinih parametara tehnološkog procesa, ili elemenata cijene koštanja izratka. Prvenstveno za procjenu vremena izrade.

Budući je cilj ovog istraživanja točno utvrđen, te su i zavisne varijable potpuno definirane, moguće je daljnju obradu podataka usko usmjeriti. To znači da je moguće daljnje istraživanje podijeliti u niz manjih cjelina. Konkretno, moguće je istraživati svako kodno mjesto OTPk izratka zasebno. Slično vrijedi i za kodna mjesta OTPbk.

Kada tehnolog vrši tehnološku klasifikaciju, on to čini na temelju točno određenih podataka koji su mu potrebni za kvantificiranje pojedine varijable. Radi se o egzaktnom kodiranju. Ovaj pristup zastupljen je i u mOTP.
Iz tog razloga u daljnjem istraživanju nastojalo se iz .btp za svako kodno mjesto izdvojiti potrebne podatke i na temelju njih napraviti algoritam za kodiranje točno tog kodnog mjesta.

Da se istraživanje ne bi nepotrebno usitnilo, a obzirom da su ovim istraživanjem obuhvaćene dvije velike cjeline iz .btp izdvojena su dva osnovna seta podataka za daljnju obradu.
Radi se o setu podataka koji su potrebni za kodiranje izratka, i setu podataka potrebnom za kodiranje izrade. Ovi podaci izdvojeni su iz .btp temeljem odgovarajućih upita u OTPbp.

Analizom učestalosti potrebnih podataka u pojedinim jednadžbama, u upite su uključeni i izvedeni i dodatni podaci koji su potrebni za definiranje više od jednog kodnog mjesta. Takvih podataka nije puno, iz razloga što se prilikom kreiranja sustava kodiranja izradaka vodilo računa da se odabiru takva kodna mjesta koja bi bila značajno različita u odnosu jedno na drugo. Drugim riječima, nastojalo se osigurati kodni sustav u kojem se kodiranje svake znamenke temelji na samo za tu znamenku potrebnim tehnološkim značajkama.

Izvedeni podaci koji se koriste u više kodnih mjesta su podaci o međusobnim odnosima gabarita 3DM:

- H0
  - *Minimalna gabaritna izmjera*
  - $H0 = Min(03; 06; 09)$
- O0
  - *Promjer upisane kružnice*
  - $promjer\ cijevi\ (otvora - rupe\ uzduž\ osi\ X)$

5.5.1 Set podataka za kodiranje izratka

Na temelju analize jednadžbi potrebnih za kodiranje svih 14 znamenki OTPk, iz .btp izdvojeni su svi potrebni podaci u jednu, zajedničku tablicu. Izdvajanje potrebnih podataka izvršno je izradom posebnog upita u OTPbp, koji je nazvan *q63_OTPSetZaKodiranjeIzratka*. Naknadno je zbog kratkoće zapisa ovaj upit preimenovan u *q63_OTPSetK*.

Ukupno je potrebno 44 podatka iz .btp za utvrđivanje vrijednosti svih kodnih mjesta OTPk.
Međutim, neki od obuhvaćenih podataka su i izvedeni podaci, za koje je potrebno poznavati više pojedinačnih podataka iz .btp.
Primjer je podatak S9 iz tablice *t120btp*, koji se utvrđuje na temelju 5 osnovnih podataka iz iste tablice. S9 je podatak o minimalnoj toleranciji u milimetrima. S9=min(S2;S3;S4;S5;S6).
Neki podaci su vezani sa drugim tablicama u OTPbp, što znači da su njime definirani i dodatni postojeći podaci u tim tablicama.
Primjer je podatak B4 iz tablice *t120btp*, koji je vezan sa tablicom *t31MaterijalKvaliteta*

Dakle, ukupno gledajući potrebno je dohvatiti i više od 44 podatka u cilju OTP kodiranja izratka. Svi potrebni podaci dohvaćeni su i sadržani u .btp. Obzirom da su dohvaćene značajke 3DM povezane sa postojećim podacima koji čine dio baze znanja u OTPbp moguće ih je koristiti pri izvođenju samih algoritama, bez da su oni eksplicitni dio ulaznog seta podataka za kodiranje zratka.
Kao ulazni set podataka za algoritme vezane uz OTP kodiranje izratka potrebno je upravo 44 podatka, koji su prikazani u tablici 32.

Tablica je strukturirana na način da su redci u njoj poredani prema kodnim mjestima OTPk. Za svako kodno mjesto u tablici su navedeni svi potrebni podaci za njegovo kvantificiranje.
Ovo je rezultiralo ponavljanjem istih podataka u tablici 36, pa tako tablica sadrži 49 redaka sa popisom potrebnih podataka. Dakle radi se o 5 slučajeva u kojima se za definiranje kodnog mjesta koristi neka od značajki 3DM koja je već korištena za definiranje nekog drugog kodnog mjesta izratka.
Ponovljeni podatak u tablici je osjenčan svijetlo žutom bojom, a zadržava i redni broj mjesta u tablici na kojem se prvi puta pojavljuje. Radi se o tri podatka koji se pojavljuju kao potrebni za definiranje više kodnih mjesta:

- H0 – MINIMALNA GABARITNA IZMJERA 3DM
  - *Potrebno za kodna mjesta K1; K2 i K8*
- O3 – GABARITNA IZMJERA 3DM PO OSI X (DULJINA IZRATKA)
  - *Potrebno za kodna mjesta K2 i K6*
- O0 – PROMJER PROLAZNE RUPE UZDUŽ OSI X 3DM
  - *Potrebno za kodna mjesta K3; K7 i K8*

Vidljivo je da se radi o podacima vezanim uz gabarite 3DM, za koje je očekivano da su značajni za skupine kodnih mjesta vezane uz oblik i prostornost 3DM.
Od ukupno 44 različite značajke potrebne za kodiranje svih 14 kodnih mjesta, samo njih 3 se pojavljuju u više od jednog kodnog mjesta.

Obzirom na neznatan broj ponavljanja istih značajki 3DM u ukupnom kodu izratka, može se zaključiti o dobro planiranim kodnim mjestima OTPk. Svako kodno mjesto OTPk opisuje 3DM na temelju odabranih značajki, koje se uglavnom ne preklapaju sa drugim kodnim mjestima. To znači da OTPk omogućuje detaljan uvid u 3DM kao tehnološku cjelinu.
Tablica 32 prikazana je u nastavku ovog teksta.

Tablica 32 Set podataka za OTP kodiranje izratka [0]

R. br.	Skupine	Naziv	Mjesto	Oznaka	Naziv podatka	Vrsta podatka	Izvor podatka	Jedinica
1		3DM	CAD	A1	ID btp	Automatski br	t120btp.A1	
2	VRSTA IZRATKA		K1	E1	Masa izradka	Broj; DV-S3	t120btp.E1	kg
3				H0	Minimalna gabaritna izmjera	Broj; DV-S2	t120btp.H0	mm
4				G0	Srednja gabaritna izmjera	Broj; DV-S2	t120btp.GO	mm
5	OBLIK	OSNOVNI	K2	O3	Duljina 3DM (gabaritna izmjera po osi X	Broj; DV-S2	t120btp.O3	mm
6				T1C_1	Osnovni oblik presjeka	Broj; DC-S0	t129btpGeometrija.T1C_1	
7				T2H	Broj osnovnih okruglih vanjskih presjeka	Broj; DC-S0	t129btpGeometrija.T2H	
8				E2	Volumen izradka	Broj; DV-Z5	t120btp.E2	mm3
9				P0	Gabaritni volumen (volumen kvadra)	Broj; DV-Z5	t120btp.P0	mm3
3				H0	Minimalna gabaritna izmjera	Broj; DV-S2	t120btp.H0	mm
10		UNUTARNJI	K3	O0	Promjer upisane kružnice (prolazna rupa	Broj; DV-S2	t120btp.O0	mm
11				T5O	Širina presjeka po osi Z	Broj; DV-S2	t129btpGeometrija.T5O	mm
12				T2O	Promjer minimalne unutarnje rupe	Broj; DV-S2	t129btpGeometrija.T2O	mm
13				T4U	Broj potpunih profilnih unutarnjih presj	Broj; DC-S0	t129btpGeometrija.T4U	
14				T1V	Broj svih krnjih unutarnjih presjeka	Broj; DC-S0	t129btpGeometrija.T1V	
15				T2T	Broj osnovnih okruglih unutarnjih presje	Broj; DC-S0	t129btpGeometrija.T2T	
16		UZDUŽNI	K4	T1H	Broj svih osnovnih vanjskih presjeka	Broj; DC-S0	t129btpGeometrija.T1H	
17				T1J	Broj svih krnjih vanjskih presjeka	Broj; DC-S0	t129btpGeometrija.T1J	
18				T1K	Broj svih radijalno probušenih vanjskih	Broj; DC-S0	t129btpGeometrija.T1K	
19				T1T	Broj svih osnovnih unutarnjih presjeka	Broj; DC-S0	t129btpGeometrija.T1T	
20		POPREČNI	K5	T1L	Broj presjeka sa aksijalnim značajkama	Broj; DC-S0	t129btpGeometrija.T1L	
21				T2L	Broj presjeka sa aksijalnim prolaznim zn	Broj; DC-S0	t129btpGeometrija.T2L	
22				T3L	Broj presjeka sa aksijalnim slijepim zna	Broj; DC-S0	t129btpGeometrija.T3L	
5	PROSTORNOST	VELIČINA	K6	O3	Duljina 3DM (gabaritna izmjera po osi X	Broj; DV-S2	t120btp.O3	mm
23				I0	Maksimalna karakteristična izmjera	Broj; DV-S2	t120btp.H0	mm
24		VOLUMINOZNOST	K7	E2	Volumen izradka	Broj; DV-Z5	t120btp.E2	mm
25				P0	Volumen kvadra	Broj; DV-Z5	t120btp.P0	mm
26				R0	Volumen Valjka	Broj; DV-Z5	t120btp.R0	mm
27				S0	Volumen tuljka	Broj; DV-Z5	t120btp.S0	mm
10				O0	Promjer upisane kružnice (prolazna rupa	Broj; DV-S2	t120btp.O0	mm
28		VITKOST	K8	F0	Maksimalna gabaitna izmjera	Broj; DV-S2	t120btp.F0	mm
3				H0	Minimalna gabaritna izmjera	Broj; DV-S2	t120btp.H0	mm
10				O0	Promjer upisane kružnice (prolazna rupa	Broj; DV-S2	t120btp.O0	mm
29		SLOŽENOST	K9	J2	Broj površina	Broj; DC-S0	t120btp.J2	
30				N4	Broj elipsa	Broj; DC-S0	t120btp.N4	
31				N5	Broj krivulja	Broj; DC-S0	t120btp.N5	
32				M1	Broj ravnih površina	Broj; DC-S0	t120btp.M1	
33				L1	Broj rotacijskih površina	Broj; DC-S0	t120btp.L1	
34	ZAHTJEVNOST	KM	K10	B4	Vrsta kvalitete materijala	Broj; DC-S0	t120btp.B4	
35		TO	K11	C1	Postupak toplinske obrade	Broj; DC-S0	t120btp.C1	
36		PZ	K12	C7	Postupak površinske zaštite	Broj; DC-S0	t120btp.C7	
37		PRECIZNOST	K13	B6	Osnovna hrapavost površine	Broj; DC-S0	t120btp.B6	
38				B7	Tolerancija slobodnih mjera	Broj; DC-S0	t120btp.B7	
39				B8	Tolerancija slobodne geometrije	Broj; DC-S0	t120btp.B8	
40				S1	Minimalna hrapavost	Broj; DV-S1	t120btp.S1	Ra
41				S7	Minimalna tolerancija u IT	Broj; DC-S0	t120btp.S7	IT red
42				S9	Najstroža milimetarsjka tolerancija	Broj; DV-S3	t120btp.S9	
43				R4	Ukupnan broj tolerirane geometrije	Broj; DC-S0	t120btp.R4	
44		N	K14	B2	Planirana količina izratka	Broj; DV-SA	t120btp.B2	

5.5.2 Set podataka za kodiranje izrade

Za razliku od seta podataka za kodiranje izratka, koji se sastoji isključivo iz podataka .btp, u set podataka za kodiranje izrade mogu biti uključeni i podaci o kodu izratka. Zapravo, OTPk temelj je seta podataka za kodiranje izrade. Uostalom, to je i bila osnovna svrha kodiranja izratka.

Kodiranje izratka je rezultiralo setom zavisnih podataka, koji za kodiranje izrade postaju nezavisne varijable.
Autor ovog istraživanja stoga podatke o kodnim mjestima OTPk označava kao uvjetno nezavisne varijable.

Za očekivati je bilo, a što je kasnije i potvrđeno, da će pri kodiranju izrade pojedina kodna mjesta OTPbk postati potrebni podaci za utvrđivanje vrijednosti drugih kodnih mjesta OTPbk. Na primjer, ukoliko je primarni proces preoblikovanje to znači i da će polazni materijal biti odljevak, a to dalje znači i da u tehnološkom postupku neće biti potrebna operacija odrezivanja. To bi se moglo izraziti kao:

„Ako je BK1_1>0; tada je BK3=8“, a *„Ako je BK3=8 tada je BK4_1=0“*.

Iz toga proizlazi i

„Ako je BK1_1>0 tada je BK4_1=0“.

Ova međuzavisnost kodnih mjesta rezultira algoritmima za kodiranje izrade koji uz set podataka za kodiranje temeljen na 3DM uključuje i podatke o drugim kodnim mjestima OTPbk. Međutim ti podaci nisu sastavni dio polaznog seta podataka za kodiranje izrade, nego oni nastaju tijekom samog kodiranja izrade.

Potrebni podaci su izdvojeni na temelju, u ovom istraživanju, postavljenih uvjeta za utvrđivanje vrijednosti svih kodnih mjesta OTPbk. Pri tome je za napomenuti da je u algoritam bilo moguće uključiti i dodatne podatke, odnosno da se algoritam mogao nadopuniti većim brojem uvjeta.

Za potrebe ovog istraživanja dostatan je set podataka za kodiranje izrade koji se sastoji od 39 podataka.
Set podataka za kodiranje izrade je u OTPbp izdvojen pomoću posebnog upita koji je nazvan *q64_OTPSetBK*.

Svih 39 potrebnih podataka za kodiranje izrade algoritmima nastalim ovim istraživanjem prikazani su u tablici 33. Podaci su u tablici razvrstani u skupine obzirom na izvor podataka.
Uz obavezni podatak koji zapis povezuje sa točno određenim 3DM, a to je polje A1 iz tablice *t120btp*, preostalih 38 podataka čine:

- PODACI O OTP KODU IZRATKA (OTPK)
  - *Podaci iz upita q63_OTPK*
  - *9 podataka*
- ZAJEDNIČKI PODACI O 3DM
  - *Podaci iz tablice t120btp*
  - *15 podataka*
- GEOMETRIJSKI PODACI NASTALI ANALIZOM PROJICIRANOG SETA RADIJALNIH ZRAKA
  - *Podaci iz tablice t129btpGeometrija*
  - *14 podataka*

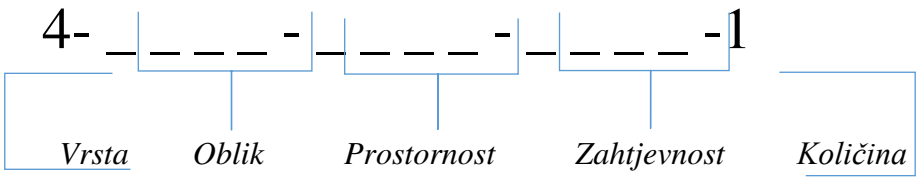
Tablica 33 Set podataka za OTP kodiranje izrade [0]

R. br.	Tabela		Skupine	Oznaka	Naziv podatka	Vrsta podatka	Izvor podatka	Jedinica
1	1		CAD	A1	ID btp	Automatski b	t120btp.A1	
2	q63_OTPK	OTP KOD IZRATKA	VRSTA	K1	Kod izratka - vrsta proizvoda	Broj; DC	q63_OTPK.K1	
3			OBLIK	K2	Kod izratka - osnovni oblik	Broj; DC	q63_OTPK.K2	
4				K3	Kod izratka - unutarnji oblik	Broj; DC	q63_OTPK.K3	
5				K4	Kod izratka - uzdužni oblik	Broj; DC	q63_OTPK.K4	
6				K5	Kod izratka - poprečni oblik	Broj; DC	q63_OTPK.K5	
7			ZAHTJEVNOST	K11	Kod izratka - toplinska obrada (C1)	Broj; DC	q63_OTPK.K11	
8				K12	Kod izratka - površinska zaštita (C7)	Broj; DC	q63_OTPK.K12	
9				K13	Kod izratka - preciznost	Broj; DC	q63_OTPK.K13	
10			....	K14	Kod izratka - količina	Broj; DC	q63_OTPK.K14	
11	t120btp	BTP ZAJEDNIČKI PODACI	OBAVEZNI	B5	Gustoća materijala	Broj; DC-S2	t120btp.B5	kg/m3
12				B9	Slobodni bridovi	Broj; DC-S2	t120btp.B9	mm
13			IZMJERE	F0	Maksimalna gabaritna izmjera	Broj; DV-S2	t120btp.F0	mm
14				G0	Srednja gabaritn izmjera	Broj; DV-S2	t120btp.G0	mm
15				H0	Minimalna gabaritna izmjera	Broj; DV-S2	t120btp.H0	mm
16				I0	Maksimalna karakteristična izmjera	Broj; DV-S2	t120btp.I0	mm
17				J0	Minimalna karakteristična izmjera	Broj; DV-S2	t120btp.J0	mm
18				L9	Broj unutarnjih navoja	Broj; DV-S2	t120btp.L9	
19				N0	Promjer opisane kružnice	Broj; DV-S2	t120btp.N0	mm
20			POMOĆNO	N7	Broj rupa	Broj; DC	t120btp.N7	
21				N8	Broj skošenja	Broj; DC	t120btp.N8	
22				N9	Broj zaobljenja	Broj; DC	t120btp.N9	
23			GABARITI	O0	Promjer upisane kružnice (prolazna rupa	Broj; DV-S2	t120btp.O0	mm
24				O3	Duljina 3DM (gabaritna izmjera po osi X	Broj; DV-S2	t120btp.O3	mm
25				T0	Minimalna debljina stijenke	Broj; DV-S2	t120btp.T0	mm
26	t129Geometrija	BTP GEOMETRIJSKI PODACI	VANJSKI MAKSIMALNI PRESJEK	T2C	Promjer okruglog presjeka	Broj; DV-S2	t129btpgeometrija.T2C	mm
27				T3C	OK šesterokutnog presjeka	Broj; DV-S2	t129btpgeometrija.T3C	mm
28				T4C	Visina profila ili nosača	Broj; DV-S2	t129btpgeometrija.T4C	mm
29				T5C	Širina pravokutnog presjeka (po osi Z)	Broj; DV-S2	t129btpgeometrija.T5C	mm
30				T6C	Visina pravokutnog presjeka (po osi Y)	Broj; DV-S2	t129btpgeometrija.T6C	mm
31			OSNOVNI	T1H	Broj svih osnovnih vanjskih presjeka	Broj; DC	t129btpgeometrija.T1H	
32				T2H	Broj osnovnih okruglih vanjskih presjeka	Broj; DC	t129btpgeometrija.T2H	
33			POTPUNI	T1I	Broj svih potpunih vanjskih presjeka	Broj; DC	t129btpgeometrija.T1I	
34				T2I	Broj potpunih okruglih vanjskih presjeka	Broj; DC	t129btpgeometrija.T2I	
35			KRNJI (NEPOTPUNI)	T1J	Broj svih krnjih vanjskih presjeka	Broj; DC	t129btpgeometrija.T1J	
36				T2J	Broj krnjih okruglih vanjskih presjeka	Broj; DC	t129btpgeometrija.T2J	
37				T3J	Broj krnjih šesterokutnih vanjskih presje	Broj; DC	t129btpgeometrija.T3J	
38				T9J	Ukupno krnjih pravokutnih vanjskih pres	Broj; DC	t129btpgeometrija.T9J	
39				T0J	Ukupno krnjih vanjskih podoblika	Broj; DC	t129btpgeometrija.T9J	

Za primijetiti je da su u OTPbk korišteni podaci svih kodnih mjesta OTPk izuzev podataka iz skupine „Prostornost“. To ne iznenađuje, budući su oni već u OTPk djelomično vezani sa kodnim mjestima iz skupine „Oblik“.
Međutim ovi podaci bit će potrebni za detaljnu razradu utrošaka tehnološkog procesa, pa posljedično i cijene koštanja, tako da su opravdano sastavni dio OTPk.

6. KODIRANJE IZRATKA

OTP kod izratka definiran je sa 14 znamenki svrstanih u 5 osnovnih skupina:

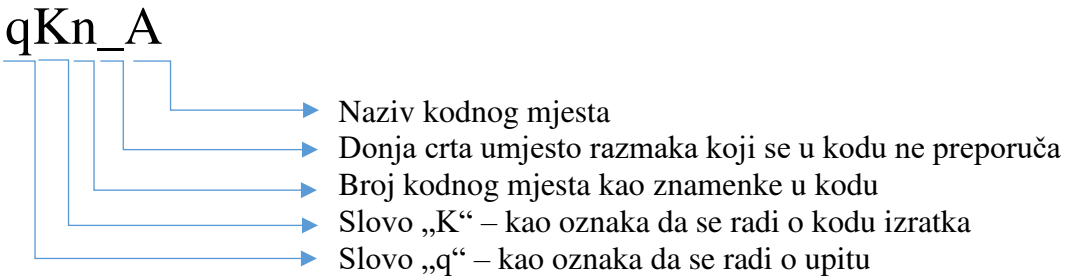


Cilj kodiranja je svakoj predodređenoj značajci koda pridružiti odgovarajuću brojčanu vrijednost kojom je definirano svojstvo 3DM.

Sama složenost kodiranja razlikuje se zavisno o specifičnostima kodnog mjesta. Najjednostavniji postupak je za kodna mjesta vezana uz zahtjeve toplinske obrade i površinske zaštite, a najsloženija za kodna mjesta vezana uz oblik izratka.

U cilju osiguranja preglednosti postupka, koja smanjuje mogućnost pogreške pri kodiranju, korišten je kodiranje na temelju hijerarhijskih upita na 3 razine.
Napravljeno je 14 pojedinačnih upita za svako kodno mjesto, 3 skupna upita za skupine kodnih mjesta i 1 zajednički upit u kojem su objedinjene sve znamenke OTPk. Ukupnom 18 upita u OTPbp vezanih uz kodiranje izratka. Radi preglednosti baze podataka napravljen je sustav imenovanja elemenata baze podataka, pa tako i upita u OTPbp.

- SUSTAV IMENOVANJA UPITA ZA KODIRANJE IZRATKA U OTPbp
  - NAZIVI UPITA
    - *Standardizirani su, a općenito se mogu prikazati kao:*

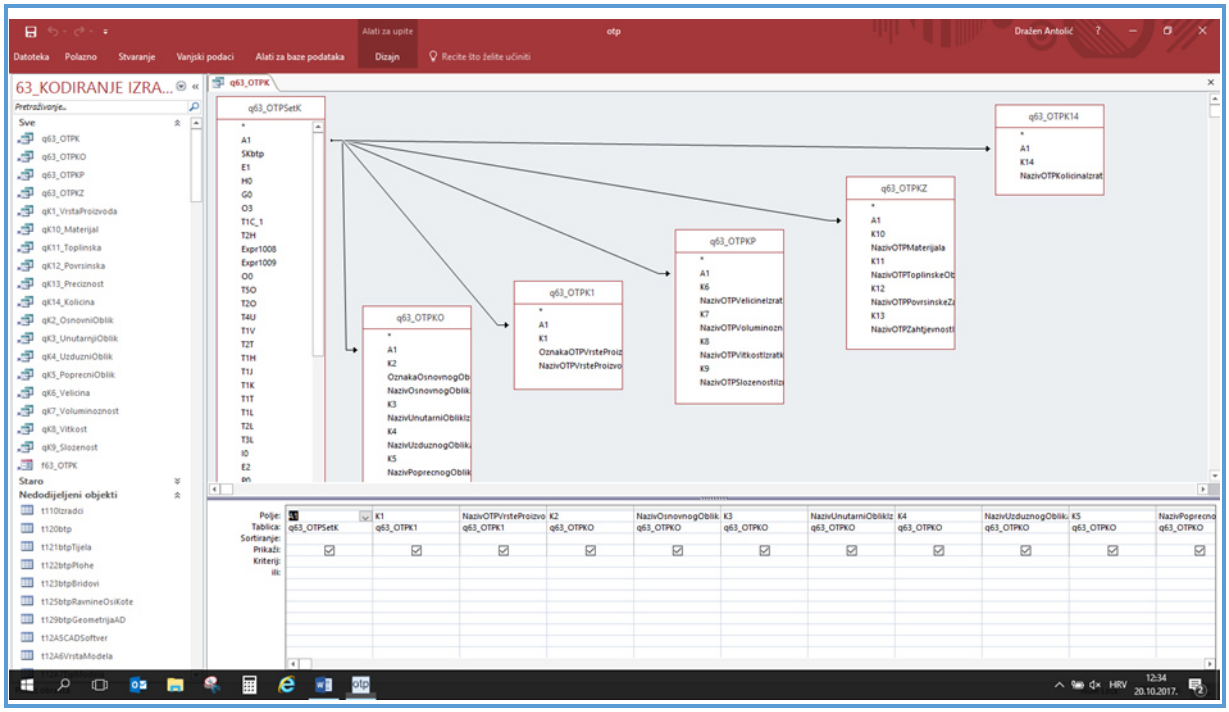


    - *Primjeri: qK1_Vrsta proizvoda; qK2_OsnovniOblik, ..., qK14_Kolicina*
  - ULAZNI PODACI
    - *Svi potrebni podaci za kodiranje nalaze se u zajedničkom, uvodno spomenutom upitu q63_OTPSetK*
    - *U svaki upit uključuju se samo potrebni podaci za kodiranje pripadajućeg kodnog mjesta (samo potrebni podaci)*
  - POMOĆNI PODACI
    - *Zavisno o složenosti uvjeta za kodiranje, u pojedinačne upite se dodaju posebna, uglavnom računska polja*
    - *Pri imenovanju tih izvedenih polja nastojao se primjenjivati asocijativni pristup. Npr. za kodno mjesto 13 (preciznost) izvedeni podatak koji se temelji na uvjetu S7 (minimalna tolerancija u IT) imenuje se u upitu qK13_Preciznost kao KI13S7.*
  - SVAKI UPIT IMA TOČNO ODREĐENI IZLAZNI PODATAK
    - *Izlazni podatak se upisuje u kod izratka, pa je i prema njemu nazvan*
    - *Primjeri naziva izlaznih podataka: K1, K2, ..., K14*
    - *Izlazni podatak uključuje se kao polje hijerarhijski višeg upita*

Ovdje je za napomenuti da je korištenja većeg broja upita za OTP kodiranje izratka djelomično potrebno i zbog ograničenja Accessa u kojem je napravljena OTPbp. Kao što je već spomenuto Access ima značajna ograničenja u pogledu složenosti pojedinog upita ili veličine izraza.

Ime zajedničkog upita za kodiranje izratka namjerno odstupa od sustava imenovanja upita nižih razina. Ime q63_OTP označava hijerarhijski najviši upit u cjelini koja je interno u OTPbp označena kao „63“, a odnosi se na kodiranje izratka. Odmah je za napomenuti da se u OTPbp cjelina oznake „64“ odnosi na kodiranje izrade.

U cilju opisnog prikaza OTPk na ekranu računala, u upit q63_OTPK dodana su i vezana polja sa opisom značenja pojedine znamenke kodnog mjesta.
Naime, u OTP sustavu kodiranja za svako kodno mjesto uz brojčane vrijednosti određen je i njihov opis (ime), pa je zbog preglednosti poželjno na ekranu računala uz vrijednost kodnog mjesta prikazati i njeno praktično značenje. Npr. za kodno mjesto vezano uz veličinu izratka (K6), vrijednost 1 označava da se radi o sitnom izratku, 2- jako malom, pa sve do 9 - ogromnom.
Ovi podaci su pohranjeni u drugim tablicama u OTPbp, međusobno su povezani, pa ih je moguće zajedno prikazivati za svaki pojedini 3DM.
Međutim, to nije izvedivo iz jednog upita, jer bi se premašila ograničenja samog Accessa, pa su korišteni i dodatni upiti isključivo u cilju zajedničkog prikaza svih planiranih podataka na ekranu računala.
U komercijalnoj verziji to neće biti potrebno iz razloga što će se koristiti baza podataka sa daleko većim resursima, pa to neće predstavljati problem.
Na slici 38 prikazan je izgled zajedničkog upita za OTPk.



Slika 38 Prikaz izgleda upita za izdvajanje kodnih mjesta OTP koda izratka [0]

Za računalnu obradu podataka koriste se numeričke vrijednosti pojedinih kodnih mjesta OTPk, a opisni podaci svake od mogućih vrijednosti kodnog mjesta dodatak su kojim je moguće tehnološke značajke izratka predočiti tehnologu na njemu bliži, odnosno uobičajeni način opisa izratka.

6.1 VRSTA PROIZVODA – K1

Za napomenuti je da je mOTP moguće koristiti za bilo koju vrstu proizvoda, pa bi prva znamenka OTPk mogla poprimiti bilo koju vrijednost od 1 do 9. Posebno je potrebno naglasiti i činjenicu da su u cjeloviti uzorak u OTPbp uključeni i standardni poluproizvodi, čiji kod izratka započinje znamenkom 2.
Karakteristika standardnih poluproizvoda je da je njihova varijabilna izmjera dostupna samo u nekoliko izmjera. U pravilu se šipkasti materijali mogu dobaviti dužinama od 3; 4 i 6 metara.
Pretpostavka je da se i u najjednostavnijem slučaju, u kojem je standardni poluproizvod potrebno samo odrezati (skratiti) na željenu dužinu, ne radi više o standardnom poluproizvodu (*K1=2*), nego o dijelu (*K1=4*).

Cilj ovog istraživanja je definiranje tehnoloških procesa strojarske proizvodnje za dijelove koji se izrađuju po crtežima, pa je i uzorak temeljen na takvim dijelovima.
Razlog je to da se prva znamenka u ovom istraživanju OTP koda izratka, koja se odnosi na vrstu proizvoda, u pravilu definira kao „DIO“, odnosno se kvantificira kao 4.

Praktički, to znači da se ovim istraživanjem uopće ne istražuje vrsta proizvoda, odnosno da ovo potencijalno tehnološko svojstvo izratka nema utjecaja na rezultate ovog istraživanja. No, to ujedno ne znači i da se utjecaj vrste proizvoda ne može obuhvatiti drugim istraživanjima.

Ipak, i u slučaju izradaka tipa „DIO“, ali koji su većih gabarita ili mase, moguće je da ne postoji odgovarajući poluproizvod dovoljne veličine. U tom slučaju je potrebno posegnuti ili za posebnim poluproizvodima, ili izradak napraviti spajanjem iz više dijelova standardnih poluproizvoda.
Nedostatak odgovarajućeg standardnog poluproizvoda iz kojeg bi se izradio izradak, utvrdio bi se pri odabiru primarnog procesa u sklopu projektiranja tehnološkog procesa.

Iako je polazni materijal proizlazi iz svojstava izratka, a ne obrnuto, ipak se u ovom slučaju radi o međusobnoj uzročnosti. Stoga se u ovom istraživanju iznimno dozvoljava kodiranje vrste izratka i na temelju dostupnosti standardnih poluproizvoda. Razlog tome je više edukativne naravi, da se vidi mogućnost primjene različitih kriterija za odabir vrste proizvoda.
Iz tog razloga su odabrane vrijednosti kriterija orijentacijske. U praksi ne moraju vrijediti za sve slučajeve. Poglavito za alatne čelike, koji su dobavljivi u većim gabaritima.

Moguće vrste proizvoda u OTPk su prikazane u tablici 4.[O-031]

- ALGORITAM
  - K1 =4
    - *Za ovo istraživanje K1 je očekivano =4*

  - K1 =3
    - *ukoliko bi masa izratka bila veća od 5.000 kg*
    - *u ovom slučaju radilo bi se posebnim poluproizvodima (odljevku ili otkivku)*
  - K1 =5
    - *ukoliko bi najmanja izmjera bila veća od 140 mm, i srednja izmjera veća od 2.000 mm*
    - *u ovom slučaju bi se radilo o nerastavljivom sklopu (zavarenom sklopu), i to zbog ne mogućnosti nabave poluproizvoda toliko velikih gabarita*

Za napomenuti je da su za ovo istraživanje granične vrijednosti uvjeta (5.000 kg, ili 140 mm x 2.000 mm) navedene samo u svrhu prikaza funkcioniranja algoritma na konkretnim brojkama.

6.2 OBLIK

Prvobitna zamisao je bila da se oblik izratka definira samo jednim podatkom, koji bi opisivao osnovni oblik izratka.
Razvojem BTP pokazalo se da je iz 3DM moguće kvantificirati gotovo svaki tehnološki važan podatak. Prvenstveno se to odnosi na podatke vezane uz oblik budućeg izratka.
Pretpostavka je da se na temelju detaljnijeg uvida u oblik izratka može detaljnije projektirati i tehnološki proces njegove izrade.
Iz tog razloga je u OTPk oblik izratka proširen na 4 podatka, koji su smješteni u zajedničku skupinu pod nazivom „OBLIK“.
Kodna mjesta od K2 do K5 u OTPk zauzimaju slijedeći podaci:

- K2 – VANJSKI OBLIK IZRATKA
  - *Temelj je za izbor oblika polaznog materijala (izbor standardnog poluproizvoda)*
  - *U pravilu određuje i dominantni tehnološki postupak iz skupine OSNOVNIH POSTUPAKA RADA*
- K3 – UNUTARNJI OBLIK IZRATKA
  - *Uz to što detaljnije pomaže u izboru polaznog materijala, posebno je potreban za odluku o potrebi tehnoloških operacija iz skupine POSEBNIH POSTUPAKA RADA, i to prvenstveno provlačenja i dubljenja.*
- K4 – UZDUŽNI OBLIK IZRATKA
  - *Utječe na odluku o potrebni za DOMINANTNIM tehnološkim postupkom i njegovu BROJU OPERACIJA u tehnološkom procesu*
  - *npr. za rotacijske dijelove **ne jednolikog** uzdužnog oblika sigurno je potrebna operacija tokarenja, a u slučaju jednolikog uzdužnog oblika odlučuje se na temelju vanjskog promjera 3DM i dostupnih promjera poluproizvoda*
  - *npr. za rotacijske dijelove **obostranog** uzdužnog oblika, uobičajeno su potrebne barem dvije operacije tokarenja, dva stezanja.*
- K5 – POPREČNI OBLIK IZRATKA
  - *Utječe na odluku o uključenosti ostalih , ne dominantnih tehnoloških postupaka*
  - *npr. za rotacijske dijelove sa **utorima** za klinove (vratila) uz tokarenje kao dominantnu operaciju bit će potrebna i operacija glodanja*
  - *Utječe i na odluku o potrebi tehnoloških operacija iz skupine DODATNIH POSTUPAKA RADA, i to prvenstveno vezano uz izradu **ozubljenja**.*

Dakle, oblikom izratka definira se polazni materijal i osnovni postupci rada, kao operacije u tehnološkom procesu. Dodatno se definiraju i potrebe za POSEBNIM i DODATNIM postupcima rada.

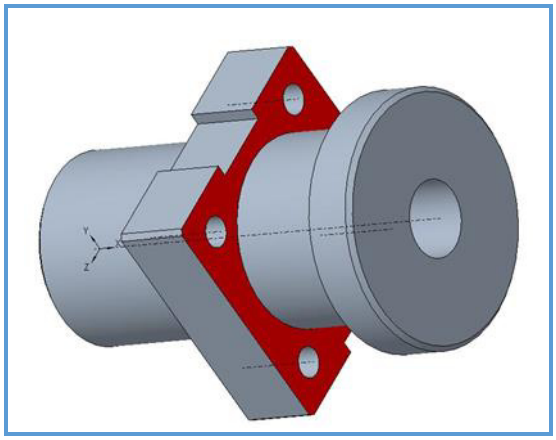
Ovdje je odmah za napomenuti, da se u mOTP kodna mjesta iz skupine oblika 3DM utvrđuju prvenstveno na temelju analize poprečnih presjeka 3DM.
Poprečni presjek u mOTP je presjek u ravnini YZ, odnosno okomit na os X.
Promatraju se poprečni presjeci uzduž osi X sa, za ovo istraživanje definiranim, korakom od 1 mm.
Poprečni presjek se analizira sa tri aspekta:

- VANJSKA KONTURA PRESJEKA
  - *Radi se o vanjskom opsegu presjeka*
- UNUTARNJA KONTURA PRESJEKA
  - *Radi se o unutarnjem opsegu presjeka*
- PODRUČJE IZMEĐU VANJSKE I UNUTARNJE KONTURE PRESJEKA
  - *Radi se o plohi poprečnog presjeka*

6.2.1 Osnovni – K2

Vanjski oblik izratka smatra se ujedno i osnovnim oblikom izratka. Definiran je vrstama ploha koje su najudaljenije od uzdužne osi izratka, a to je za OTP metodu uvijek os X. Dakle, vanjski oblik izratka je profil 3DM okomit na ravninu YZ. Kada bi se 3DM prikazao na tehničkom crtežu, vanjski oblik izratka definiran je BOKOCRTOM crteža, i to na maksimalnim gabaritima izratka.

Podatak o maksimalnom vanjskom obliku presjeka utvrđuje se na temelju ploha koje su najudaljenije u ravnini YZ od osi X. Moguć je slučaj da postoji više ploha koje su jednim svojim bridom jednako udaljene od osi X. U tom slučaju odabire se oblik koji uz istu karakterističnu izmjeru zauzima veću površinu. Konkretno, u slučaju kvadrata sa stranicom a=50 mm i kruga sa promjerom ϕ=50 mm, vanjski oblik 3DM definira se kao pravokutni, a ne rotacijski.
Na slici 39 prikazani oblik u OTP kodiranju kvantificirao bi se sa brojem 5, odnosno „kombinirani oblik“.



Slika 39 OTP sustav kodiranja: K2 – osnovni oblik izratka [0]

U pravilu se osnovni oblik 3DM utvrđuje na temelju geometrijskih podataka koji su nastali metodom projiciranog radijalnog seta zraka, a u .btp se zapisuju u *t129btpGeometrija*. Na slici 40 prikazane su predodređene vrijednosti u polju T1C_1.

Podaci o obliku maksimalnog vanjskog presjeka 3DM izdvajaju se i zapisuju u poseban redak (redak C) u geometrijskom dijelu .btp zapisa. U polju T1C_1 zapisuje se vrijednost koja označava oblik presjeka. U preostalim poljima istog retka zapisani su podaci o detaljima utvrđenog presjeka, prvenstveno karakteristične izmjere oblika presjeka.
Na temelju podatka u T1C_1, može se izravno prepoznati 4 od 9 predodređenih, u mOTP mogućih, osnovnih oblika 3DM.
Na temelju međusobnog odnosa svih prepoznatih oblika moguće je prepoznati još i kombinirani oblik 3DM (K2=5). Ukoliko je oblik maksimalnog presjeka pravokutan, a na 3DM postoji još barem jedna vanjska rotacijska ploha može se smatrati da se radi o kombiniranom obliku.

Slika 40 f129btpGeometrija: T1C – oblik maksimalnog presjeka [0]

Od preostala 4 oblika, limeni oblici nisu predmet ovog istraživanja, a ne istražuju se posebno ni ostali oblici.
Preostaje dakle potreba za prepoznavanjem, odnosno razlikovanjem pločastog od prostornog oblika.

Za prostorne oblike u pravilu ne postoji standardni poluproizvod, nego je za njihovu izradu potreban neki od primarnih procesa.
U slučaju zavarenih sklopova modeliranje bi se vršilo u modulu 3DS koji je specijaliziran za sklopove (Assembly), pa bi se već po tome moglo prepoznati da se radi o prostornom obliku.

U ovom istraživanju prepoznavanje prostornog oblika temelji se na odnosu volumena 3DM i volumena koji se izračunava kao umnožak gabaritnih izmjera (O3;O6 i O9).
Pločasti oblici podrazumijevaju da se radi o nepravilnim oblicima koje je moguće dobiti iz pločastih polaznih materijala.
Budući su u praksi debljine limova uobičajeno manje od 140 mm, to ujedno može biti i kriterij za razlikovanje pločastog od prostornog oblika.

U mOTP definirano je 9 osnovnih (vanjskih) oblika 3DM, kao što je to prikazano u tablici 5. O-032

Uvjeti za definiranje osnovnog oblika 3DM su:

- **K2=1 → (T1C_1>6 i O3≤140)** ..... PLOČASTI
  - *Nedefinirana vrsta osnovnog oblika*
  - *Duljina po osi X nije veća od 140 mm*
- **K2=2 → (T1C_1=1)** ..... ROTACIJSKI
  - *Maksimalni presjek osnovnog oblika je općenito okrugli (T1C_1=1)*
  - *Broj okruglih ploha u 3DM prevladava u odnosu na ravne plohe, uključujući u ravne plohe i krugove (ravna okrugla ploha)*
- **K2=3 → (T1C_1=6)** ..... ŠESTEROKUTNI
  - *Maksimalni presjek osnovnog oblika je šesterokutni (T1C_1=6)*
- **K2=4 → (T1C_1=2)** ..... PRIZMATIČNI
  - *Maksimalni presjek osnovnog oblika je općenito pravokutni (T1C_1=2)*
  - *Pri tome se ne mora nužno raditi o pravilnom, punom, ni oko osi X simetričnom pravokutniku. Dovoljno je da se radi o općenito pravokutnom obliku presjeka*
- **K2=5 → (T1C_1=2 i T2H>0)** ..... KOMBINIRANI
  - *Maksimalni presjek osnovnog oblika je općenito pravokutni (T1C_1=2)*
  - *Na 3DM postoji barem 1 okrugli presjek (T2H>0),*
    Okrugli presjek je okrugla ploha sa središtem kružnice u osi X
- **K2=6 → (2<T1C_1<6)** ..... PROFILNI
  - *Maksimalni presjek osnovnog oblika je neki od profila standardnih poluproizvoda*
  - *Radi se o L, U i I profilima (2<T1C_1<6)*
  - *Za ovo istraživanje osnovni profilni oblik nije od većeg značaja.*
- **K2=7 → (T1C_1>6 i OV<0,2 i G0>140)** ..... PROSTORNI
  - *U pravilu nije ista ploha istodobno najudaljenija po osi Y i osi Z*
  - *Najveći oblici maksimalno udaljenih ploha od osi Y i Z u pravilu su okrugli ili pravokutni*
  - *Iznimno može maksimalni presjek biti i neki od nepoznatih oblika*
  - *OV - omjer volumena 3DM i gabaritnog volumena izraženo je mali i ne prelazi 20%*
  - *Najmanja gabaritna izmjera veća je od 140 mm*
- K2=8 ..... LIMENI
  - *Osnovni limeni oblik nije predmet ovog istraživanja*
  - *3DM limenog osnovnog oblika kreiraju se u pravilu u posebnom modulu 3DS koji je specijaliziran za limene izratke (Sheetmetal)*
- K2=9 ..... OSTALI
  - *Slučaj 3DM za koji nije prepoznat ni jedan od ranije navedenih oblika*
  - *Za ovo istraživanje ne istražuju se posebno ostali oblici 3DM*

6.2.2 Unutarnji – K3

Osnovna tehnološka značajka vezana uz unutarnji oblik izratka jest postojanje ili ne postojanje uzdužnog prolaznog otvora.
Da bi se to utvrdilo napravljeno je originalno rješenje koje se temelji na dodatnoj značajci u stablu modela u 3DS. Sve je detaljno opisano u ranijem tekstu, i još detaljnije u prilogu [C]. Klasifikacija na pune ili cjevaste oblike je jednoznačno definirana podatkom u .btp. Ukoliko je vrijednost podatka u *t120btp/O0* veća od nule, nedvojbeno se radi o cjevastom 3DM. Podatak u O0 predstavlja minimalni promjer prolazne rupe (promjer opisane kružnice za ne okrugle otvore) u milimetrima. Dakle, uz kvalifikacijski, napravljen je i kvantifikacijski algoritam za mjerenje unutarnjeg promjera 3DM.
Svaka od ove dvije osnovne mogućnosti (puni ili cjevasti 3DM), može se još i detaljnije definirati, kako je prikazano u tablici 6.[O-032]

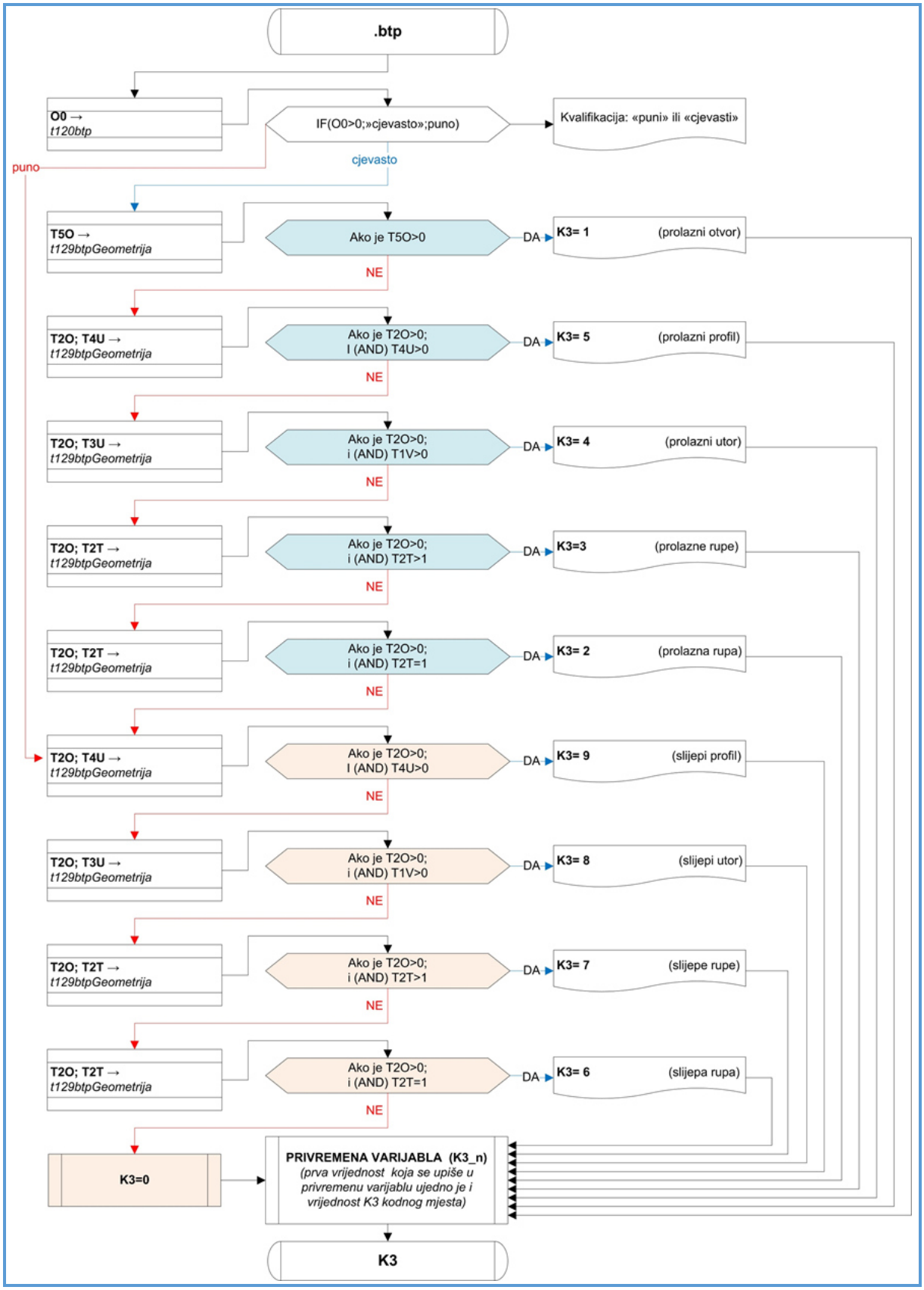
Za cjevaste 3DM moguće je odrediti radi li se o rupama ili otvorima. Pri tome se pod pojmom rupa podrazumijeva da se radi o rotacijskim plohama koje omeđuju šupljinu, dok se sve ostale vrste prolaznih šupljina nazivaju otvorima. Uz okrugle, posebno su interesantne i pravokutni otvori. Dok rupe sugeriraju da se radi o okruglim cijevima, pravokutni otvori bi u slučaju da je vanjski profil pravokutan mogle sugerirati da se radi o pravokutnim cijevima. Kao što je to slučaj sa mjerenjem promjera, moguće je izmjeriti i karakteristične izmjere pravokutnog otvora. Za upis podataka o izmjerama pravokutnog otvora predviđena su polja T5O i T6O u *t129btpGeometrija.*

Za pune 3DM moguće je utvrditi postoje li s jednog ili oba čela 3DM otvori oko osi X. U tom slučaju govori se o slijepoj rupi.
Ovim istraživanjem pokazano je kako je to moguće utvrditi na temelju analize strukturno hijerarhijskih podataka .btp. Za oblike čije krajnje površine u ravnini YZ (lijevo i desno čelo izratka, odnosno X=0 i X=L) nisu puni oblik poprečnog presjeka, to se može utvrditi na temelju podataka vezanih uz razliku vanjskog i ukupnog opsega krajnjih ploha.[O-090]
Još jednostavniji način je, kako je u ovom istraživanju pokazano, analizom mjernih slika dobivenih metodom projiciranja radijalnog seta zraka.

Za 3DM koji imaju okrugle rupe, slijepe ili prolazne, dakle i za pune i za cjevaste unutarnje oblike, moguće je utvrditi i broj uzdužnih rupa na 3DM. Podatak o ukupnom broju unutarnjih uzdužnih rupa se utvrđuje na temelju broja unutarnjih oblika sa različitim promjerom rupe. Za upis ovog podatka predviđeno je polje T2T u *t120btpGeometrija*, a na obrascu za ekranski prikaz polje je opisano kao „Broj okruglih presjeka“.
Za mOTP ovo je važan podatak jer se na temelju njega može zaključivati o potrebi za osnovnim postupcima kao operacijama u tehnološkom procesu.

Rupe je moguće razlikovati i po njihovim dodatnim značajkama. Uglavnom se radi o osnovnim okruglim presjecima sa pravilnim rasporedom utora. Ukoliko se radi o jednom do dva (pod 180°) može se govoriti o postojanju utora za klinove. U slučajevima kada su utori pravilno raspoređeni uokrug može se govoriti o postojanju ožljebljenja za prijenos snage i gibanja.
Za mOTP ovo je važan podatak jer se na temelju njega može zaključivati o potrebi za posebnim postupcima kao operacijama u tehnološkom procesu. U ovom slučaju svakako je potreban i postupak tokarenja, pa se pri kodiranju podrazumijeva da ako postoji unutarnji profil da postoje i unutarnja rupa. Kada postoji unutarnji profil, za mOTP više nije značajno postoji li na 3DM jedna ili više rupa. Svakako je potrebno i tokarenje.
U mOTP definirano je 9 unutarnjih oblika 3DM, što je prikazano u tablici 6.[O-032]

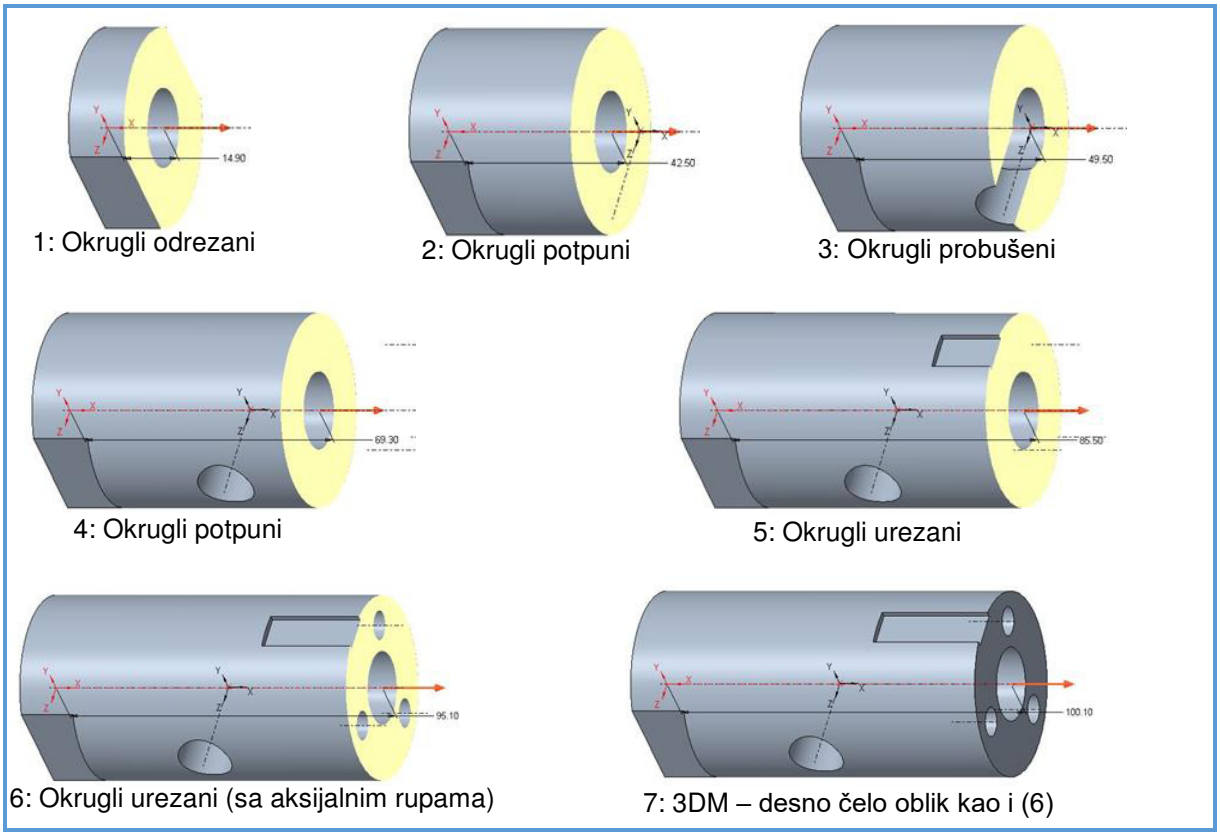
Uvjeti za definiranje unutarnjeg oblika su relativno jednostavni. Temelje se uglavnom na podacima dohvaćenim metodom projiciranja radijalnog seta zraka. Pri tome je važan redoslijed postavljanja uvjeta. Mogući redoslijed uvjeta prikazan je dijagramom toka na slici 41.



Slika 41 Dijagram toka kodiranja kodnog mjesta K3 OTP koda izratka [0]

6.2.3 Uzdužni – K4

Uzdužni oblik 3DM analizira se obzirom na sve osnovne vanjske i unutarnje oblike presjeka. Uzduž osi X, u ravnini YZ. Osnovni oblik presjeka definiran je oblikom i karakterističnim izmjerama. To znači da se broj različitih osnovnih presjeka utvrđuje isključivo na temelju usporedbe oblika i karakterističnih izmjera.
Na slici 42 prikazani 3DM ima samo jedan osnovni oblik (krug promjera 50).



Slika 42 *Prikaz različitih presjeka uzduž 3DM* *[0]*

Uz osnovni unutarnji i vanjski oblik presjeka, za definiranje uzdužnog oblika 3DM, u određenoj mjeri su važne i bočne značajke presjeka. Utjecaj bočnih značajki rezultira radijalnim tipom oblika presjeka. Moguće su kombinacije radijalnog tipa , koje se temelje na odnosima potpuni ili krnji, i neprobušeni ili probušeni.
Oblici presjeka pod rednim brojevima 2 i 4 su potpuni okrugli oblik, dakle bez bočnih značajki. Nije ni krnji, ni probušeni. S radijalnog aspekta ovi oblici su „potpuni-neprobušeni“.
Oblici presjeka pod brojem 1, 5 i 6, kao i 7 (desno čelo 3DM) su krnjeg oblika. Redni broj 1 je nepotpun jer je odrezan, a redni brojevi 5, 6 i 7 su nepotpuni jer su urezani.
Dakle, oblici pod rednim brojem 1, 5, 6 i 7 su, s radijalnog stajališta, tipa „nepotpuni-neprobušeni“.
Oblik pod rednim brojem 3 je probušen, pa bi obzirom na radijalne kriterije bio tipa „potpuni-probušeni“.
U OTPbp postoje posebne tablice sa predodređenim mogućim oblicima presjeka, i to osnovnog, radijalnog i aksijalnog oblika. Svaki predodređeni oblik ima svoju predodređenu brojčanu oznaku, i to je podatak koji se upisuje u .btp.

Zaključno, prikazani 3DM ima samo jedan osnovni oblik, sa na pojedinim mjestima, različitim bočnim značajkama.

Dakle, uzdužni oblik izratka određuju međusobni odnosi 3 značajke 3DM. Osnovni vanjski oblik, vanjske bočne značajke i unutarnji oblik. Svaka značajka može poprimiti samo dva stanja. Je li zastupljena na 3DM ili ne. „DA“ ili „NE“. U mOTP njihova stanja se označavaju brojčano „1“ ili „0“.
Istovremeno utvrđivanje stanja svih triju značajki može rezultirati općenito sa 8 različitih stanja 3DM kao cjeline. Mogući uzdužni oblici u mOTP su prikazani u tablici 7.[O-033]
Uvjeti za definiranje uzdužnog oblika 3DM su:

- VANJSKI UZDUŽNI OBLIK (VUO)
  - *temelji se na broju različitih osnovnih vanjskih presjeka*
  - *podatak u t120btpGeometrija/T1H (broj svih vanjskih osnovnih presjeka)*
    Ako je T1H>1 → Vanjski uzdužni oblik VUO=1, u protivnom je 0.
- VANJSKI BOČNI OBLIK (VBO)
  - *temelji se na podacima o bočnim značajkama presjeka*
  - ***VBO_1 potpunost oblika***
    podatak u t120btpGeometrija/T1J (broj svih nepotpunih vanjskih presjeka)
    Ako je T1J>0 → Vanjski bočni oblik VBO_1=1, u protivnom je 0.
  - ***VBO_2 probušenost oblika***
    podatak u t120btpGeometrija/T1K (broj svih probušenih vanjskih presjeka)
    Ako je T1K>0 → Vanjski bočni oblik VBO_2=1, u protivnom je 0.
  - *Na temelju VBO_1 i VBO_2 definira se značajka VBO kao kriterij za utvrđivanje vrijednosti kodnog mjesta K4*
  - *VBO=1 ako je ili VBO_1>0, ili VBO_2>0.*
    Svejedno postoji li na 3DM samo presjek nepotpunog oblika, ili samo probušeni presjek, ili postoje i nepotpuni i probušeni presjeci na istom 3DM, zajednički kriterij (VBO) poprima vrijednost 1
    Na temelju ovog uvjeta proizlazi da za potrebe mOTP za kodno mjesto OTP koda izratka nije nužno potrebno razlučiti radi li se o nepotpunim ili probušenim oblicima presjeka.
- UNUTARNJI UZDUŽNI OBLIK (UUO)
  - *Za uzdužni oblik nisu značajne bočne značajke unutarnjeg uzdužnog oblika presjeka*
  - *Unutarnji uzdužni oblik moguće je utvrditi na temelju vrijednosti kodnog mjesta K3*
  - *Unutarnji uzdužni oblik moguće je utvrditi i sličnim postupkom kao i vanjski (VUO).*
  - *Podatak u t120btpGeometrija/T1T (broj svih unutarnjih osnovnih presjeka)*
  - *Ako je T1T>1 → Unutarnji uzdužni oblik UUO=1, u protivnom je 0.*

Ovime se može utvrditi vrijednosti kodnog mjesta za znamenke od „0“ do „7“, odnosno 8 od 10 raspoloživih mogućnosti. Zadnja, deseta znamenka (K4=9) rezervirana je za nepoznate uzdužne oblike.

Preostala slobodna znamenka, kao vrijednost kodnog mjesta (K4=8), iskorištena je za označavanje posebnog slučaj za uzdužno savijene izratke. U pravilu se radi o standardnim poluproizvodima jednolikog osnovnog presjeka, ali koji su po uzdužnoj osi savinuti. Uzdužni savinuti oblik hijerarhijski je iznad ostalih oblika, pa se u slučaju savinutog izratka ostali oblici niti ne istražuju.
Primjer takvih izradaka su bravarski izradci tipa rukohvata ograde, ili nosivih elemenata čeličnih konstrukcija.
Uglavnom se radi o proizvodima za koje su potrebni bravarski postupci u tehnološkom procesu, a vrlo često se radi i o isključivo postupcima obrade deformiranjem. Moglo bi se reći da se takvi izradci gotov produkt primarnog procesa, odnosno da nema potrebe za daljnjim radnim postupcima. To je i razlog da savijeni proizvodi nisu obuhvaćeni ovim istraživanjem. Njihovo prepoznavanje moglo bi se uz geometrijske značajke temeljiti i na alatu 3DS kojim su kreirani. Radi se o „Sweep“ alatima.

6.2.4 Poprečni – K5

Poprečne značajke 3DM odnose se na područje poprečnog presjeka koje je omeđeno njegovim vanjskim i unutarnjim bridom. Za analizu značajni su samo elementi koji ne dodiruju vanjsku ili unutarnju konturu presjeka.

Na slici 42[O-126] ovo područje je osjenčano nijansom žute boje. Od svih prikazanih presjeka na slici samo je poprečni presjek pod brojem 6 značajan sa stajališta poprečnog oblika 3DM. Ovaj presjek jednak je poprečnom obliku desnog čela 3DM. Tehnološki gledano, ovaj poprečni oblik počinje na desnom čelu 3DM, a završava na mjeri koja je jednaka dubini uzdužno izbušenih rupa. Obzirom na unutarnji oblik (K3=3), prikazani 3DM je cjevasti, pa su poprečno gledajući i svi aksijalni oblici cjevastog tipa. Oblik pod rednim brojem 6, kao i oblik desnog čela ima oblik presjeka „cjevasti sa rupom“.
Svi ostali prikazani oblici su tipa „puni“.

Za uočiti je da su značajke poprečnog oblika 3DM uobičajeno moguće samo na plohama koje, uzdužno gledano, započinju kao novi oblik presjeka. Pri tome to ne moraju biti samo krajnje plohe 3DM (lijevo, ili desno čelo), nego može biti bilo koja ploha koja započinje na bilo kojem mjestu uzduž 3DM. Mora postojati mogućnost pristupa alata do mjesta gdje je potrebno započeti izradu aksijalne značajke.

Aksijalne značajke oblika poprečnog presjeka na temelju kojih se definira poprečni oblik 3DM, su:

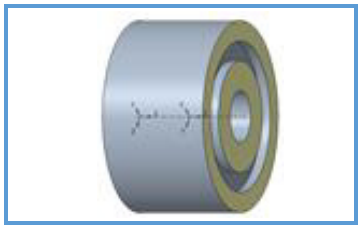
- RUPA
  - *Značajka oblika „krug“. Neovisno o njihovom broju (rupa ili rupe)*
  - *Neovisno o njihovoj dubini (prolazne ili slijepe rupe)*
- PROREZ
  - *Značajka svakog drugog oblika osim oblika „krug“. Neovisno o njihovom broju (prorez ili prorezi)*
  - *Prorez se odnosi na prolazne otvore*

    Pri tome nije nužno da je prorez po cijelom 3DM. Prolaznost otvora se definira na temelju duljine osnovnog oblika poprečnog presjeka na kojem je aksijalna značajka započela.

    Smatra se da se radi o prolaznom otvoru ukoliko otvor prolazi kroz cijeli osnovni oblik presjeka.
- UREZ
  - *Značajka svakog drugog oblika osim oblika „krug“. Neovisno o njihovom broju (urez ili urezi)*
  - *Urez se odnosi na neprolazne (slijepe) otvore*

    Smatra se da se radi o urezu ukoliko otvor ima dubinu koja je manja od ukupne duljine koju kontinuirano zauzima isti osnovni oblik poprečnog presjeka
  - *Urez je svaka vrsta udubljenja na 3DM.*
  - *Posebna vrsta ureza je potpuni okrugli slijepi urez sa centrom u osi X. Prikazano na slici 43.*

    Radi se o čeonom urezu za izvedbu kojeg nije potrebno glodanje, nego se može napraviti u sklopu operacije tokarenja. Potrebno je ipak voditi brigu o izmjerama utora u odnosu na karakteristike alata, da „peta“ alata ne udara u izradak. Uobičajeno su za ovu operaciju na malim izradcima potrebni posebni alati.



Slika 43 Čeoni urez na rotacijskim 3DM [0]

Na temelju samo jednog poprečnog presjeka ne može se utvrditi radi li se o prorezima ili urezima. Ovaj podatak utvrđuje se na temelju analize uzduž cijele kontinuirane dužine istog osnovnog oblika poprečnog presjeka. Ukoliko otvor nestaje na bilo kojem dijelu promatranog osnovnog oblika poprečnog presjeka, radi se o urezu, u suprotnom je značajka tipa prorez.
Za napomenuti je da utezi ne moraju biti obrađeni isključivo radnim postupcima. Često mogu biti izvedeni u sklopu primarnog procesa. Uglavnom lijevanjem ili deformiranjem. U slučajevima kada u više uzastopnih poprečnih presjeka postoje otvori, ali po dubini u potpunosti ne baš jednoliki, može se govoriti o urezima tipa reljefa.

Razlikovanje proreza od ureza značajno je za izbor radnih postupaka. Za proreze je, u slučaju pločastih oblika (K1=1) moguće umjesto nekog od postupaka OOČ izabrati jednostavniji postupak rezanja mlazom. Kod ureza rezanje mlazom ne dolazi u obzir. Izuzev posebnih slučajeva kao što je lasersko graviranje.

Za izbor bušenja ili glodanja kao potrebnih radnih postupaka, značajan je podatak radi li se o aksijalnim rupama ili otvorima. Općenito je za rupe dovoljno bušenje, a za provrte je potrebno glodanje.
Napravljen je algoritam za utvrđivanje aksijalnih značajki, koji se temelji na broju sjecišta na pojedinim zrakama radijalnog seta. To je ranije opisano, a utvrđeni podatak sastavni je dio mjerne slike prikazane u tablici 31.[O-108]
Na taj način je moguće općenito utvrditi radi li se o 3DM sa aksijalni značajkama, ali ne i koje vrste.
Razlučivanje rupa od otvora moglo bi se napraviti finijom analizom sjecišta zraka. Moglo bi se analizirati i dodatnim alatima za projiciranje zraka. Vjerojatno je moguće iskoristiti i strukturno hijerarhijski zapis za dinstinkciju rupa od otvora.

Potrebni algoritmi za utvrđivanje rupa i otvora u ovom istraživanju nije dovoljno istražena da bi se mogla ugraditi u algoritam mOTP. Ovo je svakako tema za jedno od prioritetnih istraživanja u daljnjem razvoju mOTP.

Trenutno mogući poprečni oblici u mOTP prikazani su u tablici 8,[O-033] a definiraju se na temelju *t129btpGeometrija*. Uvjet za utvrđivanje vrijednosti kodnog mjesta K5 su:

- K5=0 ……...……..…… BEZ POPREČNIH ZNAČAJKI
  - *T1L=0*
- K5=1 ……..…… PROLAZNE POPREČNE ZNAČAJKE
  - *T2L>0 i (AND) T3L=0*
- K5=2 ……..……..... SLIJEPE POPREČNE ZNAČAJKE
  - *T2L=0 i (AND) T3L>0*
- K5=3.. ……...…… POPREČNE ZNAČAJKE OBJE VRSTE
  - *T2L>0 i (AND) T3L>0*

Ovime se može utvrditi vrijednosti kodnog mjesta K5 za znamenke od „0“ do „3“, odnosno razlikovanje prolaznih od ne prolaznih (slijepih) aksijalnih značajki 3DM.

Preostale znamenke potrebno je dodatno istražiti. U *t129btpGeometrija* predviđena su polja u nastavku retka K u koja bi se upisali podaci o vrstama aksijalnih značajki.
Na temelju vrijednosti u poljima od T3K do T0K, moguće bi bilo poprečni oblik 3DM u OTPk još i dodatno definirati.

6.3 PROSTORNOST

Skupina značajki koje se odnose na cjelovitu prostorni izgled izratka. U mOTP ovu skupinu čine četiri značajke, i to:

- K6 – VELIČINA
  - *Prostorne izmjere izratka, ne ovisno o obliku izratka*
  - *Zahtjev maksimalnog potrebnog prostora iskazan kroz tri mjere u prostoru, duljina, širine i visina (u žargonu „cigla“)*
  - ***K6 je tehnološka značajka koja utječe na gotovo sve elemente tehnološkog procesa, a poglavito na one koji su izravno vezani uz cijenu koštanja, a to su prije svega polazni materijal i izbor radnih mjesta (obradnih strojeva) obzirom na maksimalne duljine radnih hodova i veličine radnog stola stroja)***

- K7 – VOLUMINOZNOST
  - *Ispunjenost gabarita*
  - *Odnos volumena 3DM i volumena potrebnog „pakiranja“ 3DM.*
  - *Ovisno o osnovnom obliku 3DM ovisi „pakiranje“, a može biti tipa kutije (kvadar) ili tuljak (valjak). Dodatno, za cjevaste 3DM mogu biti okviri i tuljci.*
  - ***K7 je tehnološka značajka koja utječe na gotovo sve elemente tehnološkog procesa, a poglavito na one koji su izravno vezani uz cijenu koštanja, a to su prije svega polazni materijal i izbor radnih mjesta (obradnih strojeva) obzirom na maksimalne duljine radnih hodova i veličine radnog stola stroja)***

- K8 – VITKOST
  - *Mehanička svojstva izratka na izvijanje i savijanje, prvenstveno na izvijanje*
  - *Posebno značajno kod operacije tokarenja, te se u OTP metodi iskazuje kroz odnos duljine i promjera 3DM*
  - *Dodatno se u obzir uzima i značajka unutarnjeg oblika izratka*
  - ***K7 je tehnološka značajka koja utječe na potrebno pripremno završno vrijeme pojedinih radnih operacija, ali i na režime rada, te posljedično i vrijeme izrade.***

- K9 – SLOŽENOST
  - *Geometrijska svojstva 3DM vezana uz osnovne geometrijske elemente*
  - *Broj i vrsta površina je temeljni kriterij za definiranje složenosti 3DM*
  - *Površine mogu biti osnovne i pomoćne*
  - *Broj bridova posljedični je podatak obzirom na broj i vrste površina*
  - ***K8 je tehnološka značajka koja prvenstveno utječe na broj zahvata unutar jedne operacije, a na temelju toga se može procijeniti očekivano trajanje te operacije.***

6.3.1 Veličina – K6

Gabariti izratka se tehnološki definiraju na temelju krajnjih površina, bridova, točaka ili vrhova u sve tri osi 3DM. U .btp su to podaci iz *t120btp*:

- *O3 – maksimalna izmjera po osi X (gabaritna izmjera po osi X)*
- *O6 – maksimalna izmjera po osi Y (gabaritna izmjera po osi Y)*
- *O9 – maksimalna izmjera po osi Z (gabaritna izmjera po osi Z)*

Manja izmjera je u pravila karakteristična izmjera oblika, a veća izmjera je u pravilu duljina izratka. Iz tog razloga se varijable u OTPbp označavaju slovima:

- *K - asocijacija na karakterističnu izmjeru poluproizvoda*
- *L - uobičajena oznaka za duljinu profila*

Ipak, to ne mora uvijek biti tako, pa se gabariti izratka dodatno definiraju obzirom na međusobne odnose veličina. Ovi, izvedeni, podaci zapisuju se u *t120btp* u poljima:

- *F0 - maksimalna gabaritna izmjera F0=max(O3;O6;O9)*
- *G0 – srednja gabaritna izmjera*
- *H0 - minimalna gabaritna izmjera H0=min(O3;O6;O9)*
- *I0 - maksimalna karakteristična izmjera I0=max (O6;O9)*
- *J0 - minimalna karakteristična izmjera J0=min (O6;O9)*

Za tehnološku klasifikaciju relevantne su maksimalna karakteristična izmjera (I0) i gabaritna izmjera po osi X (O3). Odnosno je element uvjeta „K“=I0, a uvjeta „L“=O3.
Uvjeti za kodiranje prikazani su u tablici 9.[O-034]
Vidljivo je da se svaki uvjet sastoji od dva podataka koji su u uvjetu povezani logičkim operatorom „I“ (AND). Promatra se veličina izratka obzirom na maksimalnu karakterističnu izmjeru (I0) i gabaritnu izmjeru po osi X (O3). Pri tome su obje izmjere za svaki interval definirane intervalom veličine. Npr. vrijednost kodnog mjesta K6=2 poprimaju svi 3DM, čija je maksimalna karakteristična izmjera između 3 i 6 mm, a gabaritna izmjera po osi X manja ili jednaka 30 mm.

Kako su u praksi moguće značajne razlike u gabaritnim izmjerama po pojedinim osima, za OTP klasifikaciju koriste se do 3 uvjeta, obzirom na međusobne odnose karakterističnih i gabaritnih izmjera.
Prvi uvjet se uvijek temelji na maksimalnoj karakterističnoj izmjeri (I0) koja je unutar određenog intervala, i gabaritnoj izmjeri po osi X (O3) koja je uvijek interval koji počinje od 0 mm. Drugim uvjetom obuhvaćeni su 3DM čija gabaritna izmjera po osi X prelazi interval prvog uvjeta, a treći uvjet definira 3DM čija gabaritna izmjera po osi X prelazi i interval definiran u drugom uvjetu.
Najlakše je to opisati na konkretnom primjeru, npr. za osovinu promjera 50 mm. Na temelju I0=50 zaključuje se da se radi o osnovnom razredu **K6=4**, koji predstavlja interval $30<I0\leq120$. Međutim osnovni interval vrijedi za, u ovom slučaju osovine, duljine do 400 mm, odnosno $O3\leq400$ mm.
Ako je duljina osovine veća od 400 mm, osnovni uvjet ne vrijedi, nego se provjerava slijedeći uvjet za isti promjer, ali u jednom razredu više. Ukoliko je $400>O3\leq1.000$ mm, tada je vrijednost kodnog mjesta **K6=5**. Ukoliko je osovina dulja od 1.000 (O3>1.000), tada ni drugi uvjet nije ispunjen. To znači da vrijednost kodnog mjesta u odnosno na osnovni razred koji se temelji na promjeru (I0) raste za dva mjesta i iznosi **K6=6**.

Algoritam za kvantificiranje šestog kodnog mjesta koda izratka sukladno predodređenim OTP veličinama (vrijednosti od 1 do 9), relativno je jednostavan. Važno je uočiti da su logički operatori unutar uvjeta „I“ (AND), a između pojedinih uvjeta „ILI“ (OR). Važan je i redoslijed postavljanja uvjeta, koji ide od nižeg prema višim osnovnim razredima.

6.3.2 Voluminoznost – K7

Najkvalitetniji podatak za definiranje voluminoznosti 3DM bio bi odnos volumena 3DM i volumena potrebnog polaznog materijala. Međutim, podatak o volumenu polaznog materijala nije poznat prije kodiranja izrade. Budući se kodiranje izrade temelji na kodu izratka potrebno je ovu tehnološku značajku definirati pomoću dostupnih podataka, odnosno pronaći zamjenski podatak za volumen polaznog materijala

U mOTP ovaj problem riješen je uvođenjem podataka o imaginarnom prostoru u koji se može budući izradak zapakirati. Pri tome se prostor ograničava na standardna pakirna sredstva tipa kutija ili tuljaka.
Podaci o gabaritima dovoljni su za definiranje pakiranja kutije, ili kako to u žargonu znaju konstruktori reći, „cigle“.
Međutim u .btp dostupan je i podatak o promjeru opisane kružnice 3DM. Za podsjetiti je da je ovaj podatak dobiven temeljem dodatne značajke u 3DM nazvane „RUPA“, a zapisan je u tablicu *t120btp* u polju *N0*.
Ovim podatkom moguće je definirati i pakiranje tipa valjak, dakle za pakiranje valjaka, ili osovina.
Spomenutom značajkom „RUPA“ dohvaćen je u .btp i podatak o prolaznoj rupi na 3DM, što omogućuje definiranje dodatnog pakiranja, nazvanog tuljak. Ovaj podatak zapisan je u *t120btp/O0*.
Metodom projiciranih zraka dohvaćen je podatak i o ne okruglim uzdužnim središnjim otvorima na 3DM, što je u .btp zapisano kao širina (a) i visina (b) otvora u *t129btpGeometrija* u poljima T5O i T6O.

Dakle, na temelju .btp, obzirom na vanjski i unutarnji oblik, moguće je na temelju poznatih jednadžbi kvantificirati volumene 4 vrste standardnih pakiranja, i to:

- *Volumen kvadra (129btpGeometrija.T7M)*
- *Volumen okvira (129btpGeometrija.T8M)*
- *Volumen valjka (129btpGeometrija.T9M)*
- *Volumen tuljka (129btpGeometrija.T10M)*

Kao kriterij za kvantificiranje kodnog mjesta K7 u mOTP odabire se upravo ono pakiranje čiji volumen je najmanji u odnosu na preosta 3 pakiranja.
Odnos volumena 3DM i volumena standardnog pakiranja u koji bi budući izradak mogao stati naziva se u mOTP voluminoznost, a izračunava se:

$$V_{K7} = \frac{V_{3DM}}{V_{SP_{min}}}$$

- V_{K7} - VOLUMINOZNOST
  - V_{3DM} - VOLUMEN 3DM
    - *dostupan podatak iz 3DS*
    - *u .btp zapisu nalazi se u polju E2 tablice t120btp*
    - *u setu podataka za kodiranje izratka adresa je E2*
  - $V_{SP_{min}}$ VOLUMEN STANDARDNOG PAKIRANJA
    - *koriste se podaci o vanjskim i unutarnjim gabaritima 3DM koji su zastupljeni u .btp*
    - *podaci o gabaritima zapisani su u poljima O3; O6 i O9 tablice t120btp*
    - *podaci o promjerima zapisani su u poljima N0 i O0 tablice t120btp*
    - *podaci o pravokutnim otvorima zapisani su u poljima T5O i T6O u t129Geometrija*

Uvjeti za kodiranje kodnog mjesta K7-voluminoznost prikazani su u tablici 10.[O-034]

6.3.3 Vitkost – K8

Isti izradak može imati različita mehanička svojstva na pojedinim mjestima, što prvenstveno zavisi o poprečnom presjeku promatranog mjesta na izratku. Tijekom obrade i sama mehanička svojstva izratka se mijenjaju (promjena poprečnih presjeka od pripremka do izratka), tako da s tehnološkog stajališta krutost nije jednoznačna veličina.

Iako je krutost prije svega mehaničko svojstvo izratka, te ovisi o više značajki 3DM, u mOTP prvenstveno je to tehnološko svojstvo koje utječe na moguće režime rada tijekom obrade.
Posebno je to izraženo u postupcima kod kojih izradak rotira, dakle tokarenja, gdje je uz savijanje moguće i izvijanje, pa se u mOTP mehanička svojstva izratka iskazuju kroz značajku nazvanu vitkost. Zbog univerzalnosti rješenja, vitkost se u mOTP općenito definira odnosom najveće i najmanje izmjere 3DM.
Na temelju istraživanja stabilnosti obradnog sustava u praksi postoje granične vrijednosti pojedinih slučajeva, a one su primijenjene i u određivanju kriterija za kvantificiranje kodnog mjesta broj 8 u OTPk.

Uobičajeno se vitkost temelji na omjeru promjera i duljine izratka, a budući je u mOTP ravnina YZ definirana kao poprečna, a os X kao duljina 3DM, najčešće će i u mOTP to biti slučaj.
Općenito se u mOTP može vitkost izraziti jednadžbom:

$$V_{K8} = \frac{GI_{max}}{GI_{min}}$$

- V_{K8} - VITKOST
  - GI_{max} MAKSIMALNA GABARITNA IZMJERA
    - *dostupan podatak*
    - *provjerava se međusobni odnos vrijednosti u .btp u t120btp polja O3; O6 i O9*
    - *odabire se polje sa najvećom vrijednosti (t120btp.F0)*
  - GI_{min} - MINIMALNA GABARITNA IZMJERA
    - *dostupan podatak*
    - *provjerava se međusobni odnos vrijednosti u .btp u t120btp polja O3; O6 i O9*
    - *odabire se polje sa najmanjom vrijednosti (t120btp.H0)*

Obzirom na raznolikost oblika 3DM, i uz ovu pojednostavljenu jednadžbu moguće je stvoriti više kriterija, obzirom na segment oblika 3DM.
U ovom istraživanju analizira se vitkost sa tri aspekta:

- GABARITI
  - *temelji se na već opisanim poljima O3; O6 i O9*
- PRESJEK SA MINIMALNOM VANJSKOM KARAKTERISTIČNOM IZMJEROM
  - *temelji se na .btp u tablici t129btpGeometrija, polja T2D do T6D*
- PRESJEK SA MAKSIMALNOM DULJINOM
  - *temelji se na .btp u tablici t129btpGeometrija polja T2E do T6E*

Dodatno je uveden i kriterij vezan na unutrašnji oblik 3DM. Ovaj kriterij je temeljen na polju O0 u *t120btp*. U slučaju postojanja prolazne rupe moguće je „postrožiti“ ostale spomenute uvjete za jedan razred kodnog mjesta.
Na primjer, ako je puni izradak na temelju uvjeta gabarita kodiran kao K8=4, u slučaju da se radi o istom izratku, ali sa prolaznom rupom vitkost se povećava pa bi bilo K8=5.

Uvjeti za kodiranje kodnog mjesta K8, vitkost prikazani su u tablici 11.[O-035]

6.3.4 Složenost – K9

Tehnološka složenost izratka očituje se u više njegovih značajki, prvenstveno vezanih sa plohama koje je potrebno obraditi.
Pri tome su važni i detalji vezani uz plohe, kao npr. hrapavost, tolerancija oblika, položaja ili mjera, a posebno i oblici ploha.
Iako su u btp. sadržani gotovo svi podaci koji opisuju navedene detalje, pa je moguće korištenje različitih kombinacija dohvaćenih značajki 3DM za kodiranje složenosti 3DM, ipak se u mOTP složenost izratka utvrđuje uglavnom na temelju općih podataka o geometriji 3DM.
Naime, detalji vezani uz plohe sadržani su i u drugim kodnim znamenkama OTPk, kao npr. u kodnom mjestu koje opisuje potrebnu preciznost izrade.

Kao opći podaci o geometriji uzimaju se podaci o broju elemenata u strukturi modela, a koju čine tijela, plohe, bridovi i vrhovi.
Za napomenuti je da podatak o broju tijela koje dohvaća BTP aplikacija nije isključivo vezan uz 3DM, nego i uz način modeliranja. Iz tog razloga, iako je u .btp dostupan, taj se podatak ne koristi u daljnjoj obradi podataka.

U .btp su dostupni brojni podaci vezani uz geometriju 3DM. Podaci o plohama idu od skupnog podatka o ukupnom broju ploha, pa do u detalje po različitim kriterijima: vanjske - unutarnje, rotacijske – ravne, cilindrične – konusne, navojne vanjske – navojne unutarnje. Slično je i sa bridovima: luk – pravac; krivulja – elipsa.
Dostupni su i statistički podaci o površinama i bridovima, npr. maksimalna površina plohe, prosječna duljina brida i slično.

Uz ove osnovne elemente budućeg izratka, u .btp su sadržani i podaci o broju ravnina, osi i kota 3DM. Iako neki od ovih podataka nisu izravno mjerljivi na izratku, relevantni su budući se kreiraju automatizirano tijekom modeliranja.
Podaci o broju ploha, bridova i vrhova su međuzavisni, ali ipak ne u tolikoj mjeri da bi se isključili iz razmatranja.

Obzirom na složenost izratka značajni su i podaci vezani uz težište 3DM u odnosu na glavne osi, u mOTP posebno obzirom na položaj težišta u ravnini YZ, odnosno udaljenost težišta od osi Y i Z. Podaci iz skupine vezane uz momente inercije isto tako su potencijalno značajni podaci za kodiranje složenosti 3DM.

Zajedničko svojstvo svih znamenki koda izratka je to da se kvantificiraju isključivo na temelju značajki 3DM. Isto vrijedi i za složenost izratka, ali za očekivati je da će se za komercijalnu primjenu mOTP uvjeti za kvantificiranje složenosti 3DM redefinirati. Vjerojatno će biti potrebno na temelju posebnog uzorka, korištenjem statističkih metoda, istražiti optimalni set značajki 3DM i njihove granične vrijednosti za svrstavanje 3DM u jedan od 9 razreda složenosti.

Posebnost ovog istraživanja bila bi u tome što bi u uzorak uz značajke 3DM bile uključene i neke značajke vezane uz tehnološki proces. Na primjer mogli bi se razredi temeljiti na potrebnom broju različitih tehnoloških postupaka, ili potrebnom broju istovrsnih operacija u tehnološkom procesu. Na određeni način razredi složenosti izratka bili bi ovisni o svojim posljedicama, što se čini kao „kružna referenca“.
Međutim, slična je situacija i za ostala kodna mjesta, samo je razrede kod drugih kodnih mjesta jednostavnije definirati.

Za potrebe ovog istraživanja složenost se definira na temelju tri značajke 3DM, a to su:

- BROJ PLOHA U 3DM (nP_{K9})
  - *izvorni podatak .btp, tablica t120btp polje J2*
  - *ovo je podatak koji može poprimiti bilo koju cjelobrojnu vrijednost*
  - *Uspoređuje se nP_{K9} sa intervalom nP(min-max) u tablici t635OTPSlozenostIzratka*
- POSTOJANJE ELIPSA ILI KRIVULJA U 3DM (DL_{K9})
  - *izvedeni podatak koji se temelji na izvornim podacima .btp, i to t120.btp polja N4 i N5*
  - *podatak može poprimiti vrijednost 1, ili 0 (ili ostati prazno polje), a izvodi se po jednadžbi:*
    $$EK_{K9} = N4 + N5$$
  - *Logika zaključivanja za kvantificiranje dodatne značajke u OTPbp je*
    $$DL_{K9} = IF(EK_{K9} > 1\ THEN\ 1\ ELSE\ 0\ )$$
- OMJER BROJA RAVNIH I ROTACIJSKIH PLOHA U 3DM (DD_{K9})
  - *izvedeni podatak koji se temelji na izvornim podacima .btp, i to t120.btp polja L1 i M1*
  - *podatak može poprimiti vrijednost 2, ili 0 (ili ostati prazno polje), a izvodi se po jednadžbi:*
    $$oRR_{K9} = \frac{M1}{L1}$$
  - *Logika zaključivanja za kvantificiranje dodatne značajke u OTPbp je*
    $$DD_{K9} = IF(oRR_{K9} > 1\ THEN\ 2\ ELSE\ 0\ )$$

Konačno definiranje kodnog mjesta K9 u mOTP provodi se uvijek na temelju zajedničkog podatka koji uključuje sve tri značajke kao cjelinu. $K9 = f(nP_{K9}; DL_{K9}; DD_{K9})$.

Osnovni kriterij za određivanje je broj ploha u 3DM (nP_{K9}).
Intervali ploha su predodređeni sustavom kodiranja, nalaze se u OTPbp, a prikazani su i u tablici 12 u ovom radu. O-035
Razred složenosti u koji bi se 3DM svrstao samo na temelju kriterija broja ploha, smatra se osnovnim razredom.

Obzirom na vrijednosti dodatnih kriterija može se 3DM pomaknuti za jedan odnosno dva razreda prema gore, u odnosu na svoj osnovni razred.

Način pomaka 3DM u više razrede složenosti najlakše je opisati na konkretnom primjeru:

- *3DM ima 8 ploha i svrstava se u osnovni razred 1*
- *Ukoliko ni jedna od tih ploha nije ni elipsa ni krivulja (spline), a ujedno ni broj ravnih ploha nije veći u odnosu na rotacijske, 3DM ostaje u svom osnovnom razredu (K9=1)*
- *Ukoliko je neka od tih ploha elipsa ili krivulja (spline), 3DM se svrstava u razred 2 (K9=2)*
- *Ukoliko ni jedna od tih ploha nije ni elipsa ni krivulja (spline), ali je broj ravnih ploha veći od rotacijskih, opet se 3DM svrstava u jedan razred više od svog osnovnog razreda (K9=2)*
- *Ukoliko je neka od ploha ili elipsa ili krivulja, a ujedno je i broj ravnih ploha veći od broja rotacijskih ploha, 3DM se svrstava za 2 razreda više u odnosu na osnovni razred (K9=3)*
- *Vrijednost kodnog mjesta složenosti za 3DM sa manje od 10 ploha, može biti K9=1, ili K9=2, ili maksimalno K9=3.*

Uz broj ploha, za svaki 3DM obzirom na složenost, potrebno je provjeravati i tri dodatna uvjeta (krivulje, elipse, omjer ravnih i rotacijskih ploha).
To znači da bi se algoritam za kodiranje složenosti temeljio na relativno dugom izrazu (funkciji).
Da bi se pojednostavio programski kod, umjesto 3 dodatna uvjeta uvodi se samo jedan zajednički uvjet.
Uvjet je nazvan „EKO“, a njegove moguće vrijednosti i utjecaj na kvantifikaciju prikazane su u tablici 34.

Naziv je akronim od Elipsa Krivulja Omjer. Odabrani naziv sugerira da se radi o uvjetu koji uključuje sva tri pojedinačna uvjeta.
Uvjet EKO se kvantificira kao zbroj mogućih stanja sva tri obuhvaćena uvjeta.
Svaki pojedinačni uvjet ima dva moguća stanja (DA-NE). Uobičajeno je da se stanje „DA“ brojčano izražava kao 1, a stanje „NE“ kao 0.
Da bi se još pojednostavio programski kod, za uvjet DL (omjer između vrsta površina) stanje „DA“ se brojčano izražava kao 2.
Na taj način je moguće utjecaj dodatnih uvjeta jednoznačno izraziti na temelju zbroja stanja pojedinačnih uvjeta. A to je upravo vrijednost zajedničkog dodatnog uvjeta EKO.

Tablica 34 *EKO – dodatni uvjet za kodiranje složenosti izratka* [0]

Pojedinačni dodatni uvjeti			Zajednički uvjet	
DD_{K9}		DL_{K9}	EKO	
Elipsa	Krivulja	oRR_{K9}	vrijednost	utjecaj*
0	0	0	0	0
1	0	0	1	1
0	1	0	1	
1	1	0	2	
0	0	2	2	
1	0	2	3	2
0	1	2	3	
1	1	2	4	

**utjecaj je broj razreda za koje se osnovni razred pomiče prema gore.*

Utjecaj dodatnog uvjeta na kvantificiranje kodnog mjesta složenosti izratka (K9) može se izraziti na način kako je to zapisano u OTPbp:
K9:
IIf([EKO]>3;[K9_O]+2;IIf([EKO]>0;[K9_O]+1;[K9_O]))
gdje je [K9_O] osnovni razred 3DM (zaključivanje samo na temelju broja ploha).

K9_O je pomoćna varijabla u algoritmu za kodiranje složenosti 3DM, a služi za pohranu podatka o osnovnom razredu 3DM. Pomoćna varijabla se utvrđuje po izrazu, koji je ugrađen u OTPbp u upitu za kodiranje složenosti izratka
K9_O:
IIf([J2]<10;1;IIf([J2]<25;2;IIf([J2]<50;3;IIf([J2]<100;4;IIf([J2]<250;5;IIf([J2]<500;6;IIf([J2]<1000;7;IIf([J2]<5000;8;9)))))))))

J2 je adresa podatka o broju ploha 3DM. Radi se o podatku koji se iz .btp zapisuje u OTPbp, i to u *t120btp* na mjesto J2 u matrici tablice. Otuda i naziv podatka, po adresi zapisa.
Vidi se da se usporedba u odnosu na predodređene intervale razreda složenosti vrši na temelju uvjeta „manje od“. To konkretno znači da gornja granica intervala pripada slijedećem razredu. Npr. 3DM sa 10 ploha svrstava se u osnovni razred složenosti 2 (K9=2).
U izraz se mogla uključiti i funkcija koja bi uključivala obje granice intervala („Between“), ali bi se u tom slučaju granice intervala trebale definirati različitim maksimalnim i minimalnim podatkom susjednih razreda.

Specifičnost kodnog mjesta složenosti je njegova prva moguća vrijednost K8=1, koja označava da se radi o poluproizvodu. Konkretno to znači da izradak u potpunosti ima oblik nekog od standardno dobavljivih materijala na tržištu.
Iz toga proizlazi da se tehnološki proces takvog izratka svodi samo na odrezivanje na traženu dužinu.
Iznimno, kada je dužina 3DM jednaka standardno dobavljivim dužinama tog poluproizvoda, iz tehnološkog procesa otpada i potreba za rezanjem. Dakle, nema potrebe za radnim postupcima uopće. To može biti slučaj u kojem se poluproizvod ugrađuje u neki sklop zavarivanjem, npr. zaštitne ograde.

Izradak bez potrebe za radnim postupcima moguć je i u slučaju kada je dužina 3DM različita od standardne dužine poluproizvoda, a potreban je samo jedan izradak, ili tek nekoliko njih. U tom slučaju se odrezivanje na mjeru može napraviti kod trgovca materijalom, odnosno kao usluga.
Ako je usluga ujedno i prva operacija (a odrezivanje to u pravilu je) , radi se o specijalnoj usluzi koja se ne uvodi u tehnološki proces, nego se troškovi pribrajaju trošku polaznog materijala. Smatra se da je usluga sastavni dio polaznog materijala. Iako mogući i u praksi ne rijetki ovakvi slučajevi, iz razloga što je upitna preciznost odrezivanja kod trgovca materijalima, u mOTP se ipak smatra da je za poluproizvode potrebno barem odrezivanje, te se ne analizira dodatno poluproizvod još i po kriteriju duljine 3DM.

Međutim, sa stajališta osnovnog uvjeta na kojima se u mOTP utvrđuje složenost izratka, a to je broj ploha 3DM, podatak se razlikuje od poluproizvoda do poluproizvoda. Npr. prizma ima više ploha od valjka. Dakle, ne postoji jedinstveni interval broja ploha koji bi vrijedio za sve standardne poluproizvode. Iz tog razloga je potrebno za svaki standardni poluproizvod napraviti poseban set uvjeta koji definiraju da se radi o poluproizvodu. Ovim istraživanjem to je napravljeno za osnovne poluproizvode, a sve je prikazano u tablici 35.

Tablica 35 Značajke standardnih poluproizvoda obzirom na složenost 3DM [0]

3DM		ELEMENT	PLOHE			BRIDOVI			VRHOVI	TEŽIŠTE	
		Značajka	ukupno	rotacijskih	ravnih	ukupno	lukova	pravaca	ukupno	Y	Z
		polje u t120btp	J2	L1	M1	J3	N1	N2	J4	E9	E0
R.br.		POLUPROIZVOD									
1	šipke	Okruglo	4	2	2	6	8	4	5	0	0
2		Pravokutno	6	6	0	12	0	24	8	0	0
3		Šesterokutno	8	0	8	18	0	36	12	0	0
4	cijevi	Okrugla	6	4	2	12	16	8	9	0	0
5		Pravokutna	10	0	10	24	0	48	16	0	0

Podaci prikazani u T-41 odnose se na podatke kako ih definira 3DS. Specifičnost 3DS je da rotacijske plohe definira kao dvije polutke, pa se za pune rotacijske plohe dohvaća podatak o postojanju 2 plohe, dok bi tehnolog zaključio da se radi o jednoj plohi.
Za bridove je specifično da ih 3DS uvijek dvostruko prebrojava, jer pripadaju dvjema plohama, pa ih je moguće jednostavnim prepolavljanjem svesti na broj bridova koji bi tehnolog utvrdio. To je i napravljeno u polju J3 *t120btp*.

Za napomenuti je da će se u OTPk i dalje navoditi samo podatak da se radi o poluproizvodu, iako bi se moglo navesti i o kojem obliku standardnog poluproizvoda se točno radi.
Ovaj podatak određuje se ionako kasnije u OTP kodiranju izrade, gdje se ujedno analiziraju i odnosi karakterističnih izmjera 3DM i standardno dobavljivih poluproizvoda.

6.4 ZAHTJEVNOST

Skupina značajki zahtjeva na izradak kao cjelinu. U mOTP ovu skupinu čine četiri značajke, i to:

- K10 – MATERIJAL
  - *Zahtjev kvalitete materijala*
  - *Kvaliteta materijala je uvijek zadani podatak*
  - ***K9 je eliminacijska tehnoloških značajki potrebna za izbor polaznog materijala, a utječe i na druge parametre tehnološkog procesa, npr. potrebno vrijeme obrade***

- K11 – TOPLINSKA OBRADA
  - *Zahtjev strukture materijala*
  - *Zahtjev mehaničkih svojstava materijala koji se ostvaruje naknadnom toplinskom obradom*
  - *Zahtjev na točno određeni postupak toplinske obrade*
  - ***Na temelju K11 definira se potreba za tehnološkim postupkom toplinske obrade, kao elementom usluga***

- K12 – POVRŠINSKA ZAŠTITA
  - *Zahtjev na zaštitni sloj vanjske površine izratka*
  - *Zahtjev na vrstu površinske zaštite*
  - *Zahtjev na tehnološki postupak površinske zaštite*
  - *Zahtjev na debljinu zaštitnog sloja*
  - ***Na temelju K12 definira se potreba za tehnološkim postupkom površinske zaštite, kao elementom usluga***

- K13 – PRECIZNOST
  - *Tolerancija slobodnih mjera*
  - *Tolerancija slobodne geometrije*
  - *Osnovna hrapavost*
  - *Zahtjev na točnost mjera (duljinskih, odstojnih, promjera,…)*
  - *Zahtjev na točnost oblika pojedinih ploha*
  - *Zahtjev na točnost položaja pojedinih ploha*
  - *Zahtjev na finoću površine (hrapavost) pojedinih ploha*
  - ***Na temelju K13 definira se potreba za finim i dodatnim radnim postupcima***

Sva četiri kodna mjesta iz skupine zahtjevnosti izratka moguće je jednoznačno kvantificirati na temelju „btp“.
Dakle, nije potreban uzorak za istraživanje ovih kodnih mjesta izratka.

6.4.1 Materijal – K10

Kvaliteta materijala izravno utječe na tehnološki proces. Poznato je da kvaliteta materijala može biti čak i eliminacijski faktor u izboru potrebnih vrsta obrade ili tehnoloških postupaka. Brojni su primjeri izradaka koji bi se najlakše ostvarili spajanjem, ali kvaliteta materijala onemogućuje primjenu zavarivačkih tehnoloških postupaka. Ili ih u veliko mjeri otežava.

Kvaliteta materijala utječe na tehnološka svojstva, pri čemu nije rijedak slučaj da određena kvaliteta materijala ima izraženo dobra tehnološka svojstva za jednu vrstu obrade, dok je mogućnost primjene neke druge vrste obrade za materijal iste kvalitete izrazito nepovoljna.
Općenito se može govoriti o livljivosti, deformabilnosti, zavarljivosti, rezljivosti, toplinskoj obradivosti, te u rjeđim slučajevima i o prionljivosti. Prionljivost je svojstvo materijala na mogućnost nanošenja zaštitnih slojeva na vanjsku površinu izratka, u cilju sprječavanja, prvenstveno, neželjenog korodiranja izratka. Sekundarni cilj je i postizanje ljepšeg izgleda samog izratka.

U pogledu izbora tehnoloških postupaka OOČ dominantno tehnološko svojstvo na koje izravno utječe kvaliteta materijala je brzina rezanja, odnosno indeks rezljivosti.
Budući je jedan od temeljnih ciljeva mOTP upravo kvantificiranje utrošaka vremena vezanih uz pojedine potrebne tehnološke operacije OOČ, to je upravo indeks rezljivosti glavni utjecajni faktor na kodiranje kvalitete materijala kao jednog od tehnoloških svojstava izratka.
U OTPbp svakoj kvaliteti materijala moguće je pridružiti i podatke o njenim tehnološkim svojstvima, a posebno je dodan i podatak nazvan OTP kvaliteta materijala, koji zapravo predstavlja razrede kodnog mjesta K10. Razredi kodnog mjesta prikazani su u tablici 13.[O-036]
Sam algoritam za kodiranje temelji se na podatku iz .btp vezanom uz kvalitetu materijala.

- ELEMENTI POTREBNI ZA KODIRANJE KODNOG MJESTA K10
  - *t120btp* – POLJE B4
    - *podatak je ID zapisa u tablici t31MaterijalKvaliteta*
  - *t31MaterijalKvaliteta*
    - ***očitati vrijednost u polju SKOTPMaterijala***
  - *q63_OTPSetK*
    - *ovaj upit je uvijek potreban za kodiranje bilo kojeg kodnog mjesta OTP koda izrade*
    - *sadrži polje B4 u svom setu podataka.*
  - *qK10*
    - *Stvoriti novi upit iz upita q63-OTPSetK i tablice t31MaterijalKvaliteta*
    - *U upit uvrstiti ID polja iz odabranih tablica (A1 iz q6K9, i IDKvaliteteMaterijala iz t31MaterijalKvaliteta)*
    - *Uvrstiti u upit polje B4 iz q63_OTPSetK, te obavezno i polje SKOTPMaterijal iz t31MaterijalKvaliteta*
    - *SKOTPMaterijal je zapravo vrijednost kodnog mjesta K10 za promatrani 3DM*
- SQL KOD UPITA *QK10*

```
SELECT q63_OTPSetK.A1, q63_OTPSetK.B4,
t31MaterijalKvaliteta.IDKvaliteteMaterijala,
t31MaterijalKvaliteta.OznakaKvaliteteMaterijalaRucno,
t31MaterijalKvaliteta.NazivKvaliteteMaterijala,
t31MaterijalKvaliteta.HRN, t31MaterijalKvaliteta.SKOTPMaterijal,
[SKOTPMaterijal]*1 AS K10
FROM q63_OTPSetK INNER JOIN t31MaterijalKvaliteta ON
q63_OTPSetK.B4 = t31MaterijalKvaliteta.IDKvaliteteMaterijala;
```

6.4.2 Toplinska – K11

Tehnološko svojstvo na mjestu K11, toplinska obrada, izravna je značajka (parametar) 3DM. U BTP upisuje se u polje C1, a u OTPbp vezana je uz tablicu *t6361OTPToplinskaObrada*.

Za napomenuti je da se ID zapisa razlikuje od OTP oznake toplinske obrade. To je iz razloga što prvi zapis u OTP tablici započinje sa brojem 1 (ID), a u tehnološkom postupku je moguće da uopće nema potrebe za toplinskom obradom, pa ovo kodno mjesto može poprimiti vrijednost od 0 do 9.
Ukoliko je vrijednost 0, to znači da nema potrebe za toplinskom obradom, ako je vrijednost jednaka 1, to znači da je toplinska obrada potrebna za ostvarenje izratka.
Ukoliko je vrijednost K10 veća od 1 to znači da se kod može primijeniti izravno i za dekadsko kodiranje izrade. Vrijednost veća od 1 određuje neki od točno predodređenih tehnoloških postupaka toplinske obrade. O kojem točno tehnološkom postupku se radi, vidljivo je iz stupca 3 u tablici *t6361OTPToplinskaObrada* u OTPbp, a prikazano je i u tablici 14.O-036

- ELEMENTI POTREBNI ZA KODIRANJE KODNOG MJESTA K11
  - *t121btp* – POLJE C1
    - *podatak je ID zapisa u tablici t6361OTPToplinskaObrada*
  - *q63_OTPSetK*
    - *ovaj upit je uvijek potreban za kodiranje bilo kojeg kodnog mjesta OTP koda izrade*
    - *sadrži polje C1 u svom setu podataka.*
  - K11 =
    - *Upisati vrijednost iz stupca 2 (OznakaOTPToplinskeObrade) za promatrani 3DM*

Sa stajališta kodiranja, ovo je najjednostavniji način kodiranja, budući je vrijednost polja C1 u „.btp“ ujedno i ID zapisa (retka) u tablici predodređenih kodova za ovo kodno mjesto.

- SQL KOD

```
SELECT q63_OTPSetK.A1, q63_OTPSetK.C1, [C1]-1 AS K11
FROM q63_OTPSetK;
```

Za primijetiti je dio koda „[C1]-1 AS K11“, koji definira da se oznaka kodnog mjesta umanjuje za 1 u odnosu na vrijednost podatka u polju C1.
Ovo je upravo iz ranije spomenute razlike između ID zapisa i oznake zapisa u *t6361ToplinskaObrada*.

Pri daljnjoj obradi podataka, kada se za vrijednost kodnog mjesta K11 želi na ekranu prikazati i naziv konkretnog tehnološkog postupka toplinske obrade, potrebno je voditi računa o povezivanju OTPk sa tablicom u kojoj su detaljni podaci o dostupnim tehnološkim postupcima toplinske obrade.
Tablica *t6361ToplinskaObrada* povezuje se sa OTPk, ne preko polja *IDToplinskaObrada*, nego preko polja *OznakaToplinskeObrade*.
Na taj način će biti na ekranu prikazan ispravan naziv potrebnog tehnološkog postupka toplinske obrade.
Kada bi se povezivanje napravilo preko polja *IDToplinskeObrade*, prikazivali bi se nazivi potrebnih tehnoloških postupaka iz nižeg razreda kodnog mjesta K11.
Npr. poboljšavanje je ID=5, a oznaka =4, dok je cementiranje ID=6, a oznaka=5. Za slučaj potrebe za cementiranjem (K11=5), kada bi se vezalo na ID (ID=5), na ekranu bi se prikazao naziv tehnološkog postupka „Poboljšavanje“ umjesto „Cementiranje“.

6.4.3 Površinska – K12

Za kodno mjesto K12 – površinsku zaštitu vrijedi isto kao i za kodno mjesto K11, uz razliku što se u BTP „gleda“ polje C7 umjesto C1. Polje C7 u OTPbp vezano je uz tablicu *t6362OTPPovrsinskaZastita*.

Razredi kodnog mjesta K12 u OTPk, sa popisom predodređenih tehnoloških postupaka površinske zaštite prikazani su u tablici 15.O-037

- ELEMENTI POTREBNI ZA KODIRANJE KODNOG MJESTA K12
  - *t121btp* – POLJE C7
    - *podatak je ID zapisa u tablici t6362OTPPovrsinskaZastita*
  - *q63_OTPSetK*
    - *ovaj upit je uvijek potreban za kodiranje bilo kojeg kodnog mjesta OTP koda izrade*
    - *sadrži polje C7 u svom setu podataka.*
  - K12 =
    - *Upisati vrijednost iz stupca 2 (OznakaOTPPovrsinskeZastite) za promatrani 3DM*
- SQL KOD

```
SELECT q63_OTPSetK.A1, q63_OTPSetK.C7, [C7]-1 AS K12
FROM q63_OTPSetK;
```

Ovdje je za napomenuti da naziv tablice u kojoj su detaljni podaci vezani uz tehnološke postupke površinske zaštite djelomično odstupa od pravila imenovanja tablica u OTPbp. Uobičajeno se imena tablica u OTPbp sastoje iz 3 osnovna elementa:

- POČETNO SLOVO
  - *malo slovo „t“, što asocira da se radi o tablici*
- BROJČANA OZNAKA
  - *broj brojeva ovisi o hijerarhijskoj razini podataka u OTPbp*
  - *uobičajeno se ne prelazi 3 brojčana mjesta (3 razine podataka)*
  - *npr. Vrsta-Skupina-Tip*
- TEKST
  - *Ime završava tekstom koji opisuje skupinu podataka sadržanih u tablici*
  - *Tekst koji se sastoji od više riječi u imenu tablice se piše skupa, pri čemu svaka nova riječ započinje velikim slovo.*

Vidljivo je da tablica vezana za površinsku zaštitu, a i tablica vezana za toplinsku obradu imaju 4 broja u nizu u imenu. Ovo odstupanje ne znači da su u tablici podaci četvrte hijerarhijske razine, nego je to iz razloga već opisane dinamičnosti istraživanja.
Naime, razvojem istraživanja povećan je broj kodnih mjesta OTPk. Umjesto prvobitno jednog kodnog mjesta „Zahtjevnost“ koje se odnosilo na točnost oblika i mjera, u konačnici se zahtjevnost 3DM definira sa 4 kodna mjesta. Prvobitna zahtjevnost za čije podatke je u OTPbp bila predviđena tablica pod imenom *t636Zahtjevnost* postala je u konačnici kodno mjesto 13, pod nazivom „Preciznost“.

Međutim ime tablice *t636Zahtjevnost* nije promijenjeno zbog relacijskih veza sa drugim tablicama u OTPbp. Iz tog razloga su tablice vezane uz toplinsku obradu i površinsku zaštitu imenovane na način da se u oznaku doda još jedan broj iza t363. Otuda *t3631ToplinskaObrada* i *t3632OTPPovrsinskaZastita*. Na taj način je osigurano da se tablice iz skupine zahtjevnosti 3DM ipak prilikom sortiranja u OTPbp zadržavaju zajedno.

6.4.4 Preciznost – K13

Kodno mjesto K13 – odnosi se na zahtjev izratka glede točnosti mjera, oblika i položaja, te na finoću obrađene površine. U mOTP, uz navedene značajke 3DM, promatra se i ukupni broj zahtjeva na istom izratku.

Poznato je da se pojedini tehnološki postupci preklapaju obzirom na mogućnosti ispunjenja zahtjeva koje izradak treba zadovoljiti. To se može dobro pojasniti na primjeru tehnoloških postupaka brušenja i tokarenja.
Moguće je dobiti npr. istu finoću površine i postupkom tokarenja i postupkom brušenja. Uobičajeno se za taj interval npr. hrapavosti (Ra) govori o potrebi za grubim brušenjem, ili za finim tokarenjem.
Budući je brušenje „finiji“ postupak od tokarenja, interval u kojem se ova dva tehnološka postupka preklapaju, brušenjem se može postići bez prevelikog truda, dok pri tokarenju treba posvetiti veća pažnja tijekom obrade.
S druge strane tokarenje je produktivniji postupak, a u slučaju da se brušenje ne uključi kao operacija u tehnološki proces izbjegavaju se i pripremno-završni troškovi operacije brušenja.

U slučaju graničnih zahtijeva, izbor optimalnog tehnološkog postupka odabire se na temelju produktivnosti, ali i pouzdanosti tehnološkog postupka da će se uspjeti ostvariti zadane zahtjeve na izradak.
Naime, ukoliko na izratku ima više površina koje je potrebno brusiti, a to je moguće ostvariti u jednom „stezanju“, jednoj operaciji brušenja, tada je moguće da je uključivanje operacije brušenja u tehnološki proces opravdano. Više površina koje je potrebno fino tokariti smanjuju produktivnost tokarenja, pa ukupno komadno vrijeme ne mora biti značajno niže u odnosu na tehnološki proces sa operacijom brušenja, koje istovremeno i osigurava postizanje željene finoće površine.

Zahtjev preciznosti moguće je iskazati kroz različita svojstva izratka:

- ZAJEDNIČKA SVOJSTVA IZRATKA
  - *Osnovna hrapavost*
  - *Tolerancija slobodnih mjera*
  - *Tolerancija slobodne geometrije*
- POSEBNA SVOJSTVA POJEDINIH ELEMENATA IZRATKA
  - *Najstroži zahtjev hrapavosti*
  - *Najstroži zahtjev tolerancije oblika*
  - *Najstroži zahtjev tolerancije položaja*
  - *Najstroži zahtjev tolerancije mjera*
- BROJ POSEBNIH ZAHTJEVA NA SVOJSTVA IZRATKA
  - *Broj oznaka hrapavosti*
  - *Broj površina sa zahtjevom točnosti oblika*
  - *Broj površina i bridova sa zahtjevom na toleranciju položaja (vezane površine i bridovi)*
  - *Broj toleriranih kota*

Tehnološki gledano, između zahtijeva tolerancije oblika, položaja i mjera postoji međuzavisnost, a isto tako su međusobno povezani i hrapavost površine i tolerancije mjera.
U praksi se često koriste ekvivalenti hrapavosti, iz razloga da bi tehnolog na temelju samo jednog podatka (uobičajeno hrapavosti) mogao odabrati potreban tehnološki postupak.
U mOTP se kodiranje preciznosti izratka vrši na temelju svakog dostupnog podatka a sama vrijednost OTP koda se može smatrati svojevrsnim ekvivalentom preciznosti.

Međutim, u praksi su česti slučajevi da se posebni zahtjevi tolerancije mjera ne iskazuju izravno u jedinici milimetar, nego korištenjem reda tolerancije (IT). Gotovo u pravilu se rotacijske površine (promjer) toleriraju redom tolerancije. Uobičajeno je i da se tolerancije površina za klinove (koje se u pravilu ne ostvaruju tokarenjem ili bušenjem) označuju u sustavu IT.
Budući da isti izradak može biti toleriran na oba načina, i u milimetrima i u IT sustavu, potrebno je za utvrđivanja najstrožeg zahtjeva na preciznost izrade (najužeg tolerancijskog polja) usporediti sve tolerancije.
I dok je širina tolerancijskog polja iskazana u milimetrima jednoznačan podatak, za IT tolerancijski sustav to ne vrijedi, već apsolutna širina tolerancijskog polja ovisi i o nazivnoj mjeri na koju se odnosi.
Slično vrijedi i za tolerancije slobodnih mjera i oblika, koje se označavaju slovima.

Da bi se utvrdio najstroži zahtjev preciznosti, u mOTP se automatizira usporedba različitih sustava toleriranja mjera i oblika na način da se izjednačuju vrijednosti u određenom polju nazivnih mjera.
Obzirom da se IT sustavom najčešće toleriraju rupe i utori za klinove, čini se najprikladnije usporedbu svesti na području nazivnih mjera između 6 i 30 mm.
Međutim u IT sustavu se često toleriraju i rukavci osovina, koji su u pravilu većih promjera, pa su i područja nazivnih mjera slobodnih tolerancija šira od područja IT tolerancija.
To je upravo slučaj i sa već definiranim područjima nazivnih mjera u kojima se uspoređuju odnosi razreda hrapavosti sa redom tolerancija (IT). Iz tog razloga je za usporedbene vrijednosti širine tolerancijskog polja u IT sustavu i širine tolerancijskog polja u milimetrima odabrano područje nazivnih mjera od 50-80 mm.

Usporedba je napravljena na temelju podataka u literaturi [32]; [33] i to za usporedbu reda tolerancija (IT) sa

- *tolerancijama mjera u mm na području nazivnih mjera:* *50 – 80 mm*
- *tolerancijama slobodnih mjera na području nazivnih mjera:* *30 – 120 mm*
- *tolerancijama slobodnih oblika na području nazivnih mjera:* *30 – 100 mm*
- *hrapavošću površine u Ra na području nazivnih mjera:* *18 - 80 mm*

Rezultati koji su prikazani u tablici 36, ujedno su i uvjeti za kvantificiranje kodnog mjesta broj 13.

Za kvantificiranje kodnog mjesta K13, u OTPbp napravljen je upit *qK13_Preciznost*, u kojem se svaka značajka posebno kodira po uvjetima prikazanim u tablici 36.
Značajka sa najvećim brojem ujedno postaje i ukupni kodni broj *K13* kodnog mjesta.
U slučaju kada je po značajkama *K13=7*, a ujedno je i broj zahtjeva veći od 3, *K13* poprima vrijednost 8.
Uvjeti usporedbe su „ako je vrijednost veća od“ vrijednosti iz intervala (npr. If(IT>18;1;(IF(IT>16;2;…))

Tablica 36 *Usporedbene vrijednosti značajki vezanih uz preciznost* *[0]*

POSEBNI ZAHTJEVI				OSNOVNI ZAHTJEVI						OTP
IT	mm	Hrapavost		Slobodne mjere		Slobodna geometrij		Hrapavost		K13
Područje	50-80	18-80		30-120		30-120				
IT	mm	Ra	Red	oznaka	OTP oznaka	oznaka	OTP oznaka	Ra	OTP oznaka	
IT01	0,0008	0,012	1					0,012	1	9
IT01	0,0012	0,025	2					0,025	2	
1	0,0020	0,05	3					0,05	3	
2	0,0030	0,10	4					0,10	4	8
3	0,0050	0,10	4					0,10	4	
4	0,0080	0,20	5					0,20	5	
5	0,0130	0,40	6					0,40	6	
6	0,0190	0,40	6					0,40	6	
7	0,0300	0,80	7					0,80	7	7
8	0,0460	1,60	8					1,60	8	
9	0,0740	1,60	8					1,60	8	6
10	0,1200	3,20	9			H	1	3,20	9	
11	0,1900	6,30	10			K	2	6,30	10	5
12	0,3000	6,30	10	f	1	L	3	6,30	10	
13	0,4600	12,50	11	m	2	L	3	12,50	11	4
14	0,7400	25,00	12	m	2			25,00	12	
15	1,2000	25,00	12	c	3			25,00	12	3
16	1,9000	50,00	13	c	3			50,00	13	
17	3,0000	100,00	14	v	4			100,00	14	2
18	4,6000	200,00	14					200,00	15	
										1

Napomene
Uvjeti su tipa "ILI" (najstroži zahtjev definira ukupni zahtjev)
Za K13=7 u slučaju više od 3 posebna zahtijeva K13 poprima vrijednost 8

Posebna svojstva pojedinih elemenata definiraju se na temelju više značajki, od kojih se njih 5 iskazuju u milimetrima:

- GEOMETRIJSKE TOLERANCIJE
  - *S2 – minimalna tolerancija oblika*
  - *S3 – minimalna tolerancija položaja*
- TOLERANCIJE MJERA
  - *S4 – minimalna tolerancija duljine*
  - *S5 – minimalna tolerancija promjera*
  - *S6 – minimalna tolerancija radijusa*

Sa stajališta potrebnih tehnoloških postupaka kao operacija u tehnološkom procesu, odlučujuća je značajka koja ima najstroži zahtjev preciznosti. Najstroži zahtjev tolerancije u milimetrima može se utvrditi na temelju pojedinih zahtjeva po jednadžbi:

$$S9 = \min(S2; S3; S4, S5; S6)$$

Budući se radi o izvedenom podatku, nije nužno da ovaj podatak bude sastavni dio .btp, ali je ipak u njega uključen zbog ograničenja Accessa. Naime, definiranje ovog podatka u Accessu zahtijeva novu, relativno složeniju funkciju, a pokazalo se da je to značajno usporavalo daljnju obradu podataka u samom Accessu. Štoviše, uzrokovalo je prekoračenje resursa Accessa i nemogućnost objedinjavanja svih kodnih znamenki OTPk u istom upitu.
Da bi se to izbjeglo, ova značajka je ugrađena u .btp kao izravna značajka 3DM koja se u OTPbp upisuje kao brojčani podatak. U .btp ova značajka je nazvana „najstroži milimetarski zahtjev“, a upisuje se u polje S9 tablice *t120btp*.

Uz podatak o najstrožoj milimetarskoj toleranciji, za kodiranje preciznosti potreban je i podatak o najstrožem zahtjevu iskazanom u sustavu IT reda tolerancija. Ovaj podatak je na adresi S7 .btp.

Podatak na adresi S1 u .btp odnosi se na najstroži zahtjev hrapavosti, i isto je tako je potreban za utvrđivanje najstrožih zahtjeva obzirom na preciznost 3DM.

Kao što je već spomenuto, uz najstrože zahtjeve, koji se u pravilu definiraju za pojedine plohe 3DM, značajni su i zajednički podaci koji vrijede za sve plohe 3DM koje nisu posebno tolerancijski definirane. Radi se o takozvanim slobodnim tolerancijama. U .btp ovi podaci se nalaze na poljima B6; B7 i B8.

Postupak kodiranja svodi se na utvrđivanje vrijednosti svake od navedenih tehnoloških značajki, a osnovna vrijednost kodnog mjesta K13T definira se na temelju značajke sa najvećom utvrđenom vrijednošću:

K13T: IIf([KI13_B6]>=[KI13_B7] And [KI13_B6]>=[KI13_B8] And [KI13_B6]>=[K13_S1] And [KI13_B6]>=[KI13_S7] And [KI13_B6]>=[KI13_S9];[KI13_B6];IIf([KI13_B7]>=[KI13_B8] And [KI13_B7]>=[K13_S1] And [KI13_B7]>=[KI13_S7] And [KI13_B7]>=[KI13_S9];[KI13_B7];IIf([KI13_B8]>=[K13_S1] And [KI13_B8]>=[KI13_S7] And [KI13_B8]>=[KI13_S9];[KI13_B8];IIf([K13_S1]>=[KI13_S7] And [K13_S1]>=[KI13_S9];[K13_S1];IIf([K13_S1]>=[KI13_S9];[KI13_S7];IIf([KI13_S9]>0;[KI13_S9];1))))))

Uključujući i uvjet broja geometrijskih tolerancija, konačna vrijednost kodnog mjesta utvrđuje se prema izrazu:

K13: IIf([K13T]=7 And [R4]>2;8;[K13T])

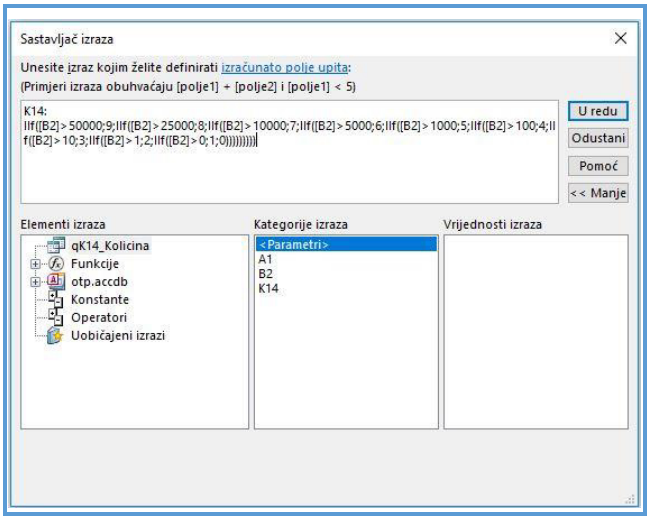
6.5 KOLIČINA – K14

Planirana količina, uobičajeno planirani broj komada, obavezni je podatak o izratku. Ovaj podatak je parametar 3DM i to pod nazivom B2.
Vrijednost ovog parametra upisuje se na ekranu BTP u polje B2.
U .btp se nalazi u polju *B2* tablice *t120btp*, a istu oznaku ima i u setu podataka za kodiranje izradaka.

Sam postupak kodiranja je jednostavan. Vrijednost polje B2 u tablici *t121btp* usporedi se sa intervalima u klasifikacijskoj tablici *t639OTPKolicinaIzratka*.
Oznaka odgovarajućeg intervala u tablici *t639OTPKolicinaIzratka* ujedno je i vrijednost kodnog mjesta *K14* u OTPk.

Iako bi se kodiranje kodnog mjesta *K14* moglo u OTPbp napraviti i bez posebnog upita, zbog sustavnosti mOTP i za ovo kodno mjesto stvoren je poseban upit. U OTPbp upit vezan uz količinu nazvan je *qK14_Kolicina*.
Upit se temelji na predodređenim intervalima u *t639OTPKolicinaIzratka* koji se za ovo istraživanje smatraju konstantama, te nije potreban programski kod koji bi se uspoređivale vrijednosti u dvije tablice u bazi podataka.

Vrijednosti intervala izravno su upisane u jednadžbu za kvantificiranje zadnje znamenke u OTPk. Sam izraz za definiranje kodnog mjesta K14 vidi se na slici 44.
Vidljivo je da iteracija kreće od najvećeg intervala, pa prema manjima. Pri tome se vrijednost u polju B2 uspoređuje se donjom granicom intervala. I to na uvjet da li je B2 veće od.
Ukoliko bi iteracija išla u suprotnom smjeru, za ispravan rezultat trebala bi se usporedba temeljiti na usporedbi vrijednosti polja B2 i maksimalne granice i-tog intervala. U ovom slučaju na uvjet da li je B2 manje od.



Slika 44 Izraz za određivanje vrijednosti kodnog mjesta K14 [0]

Ukoliko se pretpostavi da intervali za pojedine posebne proizvodne sustave mogu biti različiti, postojanje posebne tablice intervala količina u OTPbp omogućuje općenito rješenje. U tom slučaju prikazani izraz ne bi u sebi sadržavao brojčane vrijednosti, nego adrese određenih polja u *t639OTPKolicinaIzratka.*

Upravo je to i razlog što je već u postojećem rješenju OTPbp ugrađena tablica koja određuje željene intervale količina, iako za samo ovo istraživanje to nije bilo potrebno.

U pojedinim prethodnim točkama ovog poglavlja opisan je način kodiranja svakog kodnog mjesta OTPk.
Time je algoritam za OTP kodiranje izratka potpunosti definira, što omogućuje definiranje i cjelovitog OTPk.
Mogući su različiti načini korištenja ili prikazivanja rezultata OTPk. Jedan od mogućih prikaza svih vrijednosti kodnih mjesta za sve 3DM dat je na slici 45.

Kopija q63_OTPK

A1	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	AVK	PVK
1480	5	9	2	0	8	5	5	4	1	6	0	0	5	1	51	40,48%
1479	4	9	0	0	8	5	1	3	1	2	0	0	5	1	39	30,95%
1478	4	9	0	0	8	5	1	3	1	2	0	0	5	1	39	30,95%
1477	4	9	0	0	8	5	1	3	1	2	0	0	5	1	39	30,95%
1476	4	9	0	0	8	5	1	3	1	2	0	0	5	1	39	30,95%
1475	4	9	0	0	8	5	1	3	1	2	0	0	5	1	39	30,95%
1474	4	9	0	0	8	4	6	3	5	4	5	5	8	3	64	50,79%
1473	4	3	0	4	2	4	6	3	5	4	5	5	8	3	56	44,44%
1472	4	9	0	0	8	4	6	3	5	4	5	5	8	3	64	50,79%
1471	4	3	0	4	2	4	6	3	5	4	5	5	8	3	56	44,44%
1470	4	9	0	0	8	4	6	3	5	4	5	5	8	3	64	50,79%
1469	4	9	0	0	8	4	6	3	5	4	5	5	8	3	64	50,79%
1468	4	9	0	0	8	4	6	3	5	4	5	5	8	3	64	50,79%
1467	4	9	0	0	8	4	6	3	5	4	5	5	8	3	64	50,79%
1466	4	9	0	0	8	4	6	3	5	4	5	5	8	3	64	50,79%
1465	4	9	0	0	8	4	6	3	5	4	5	5	8	3	64	50,79%
1464	4	9	0	0	8	4	6	3	5	4	5	5	8	3	64	50,79%
1463	4	9	0	0	8	4	2	3	2	2	0	5	8	1	48	38,10%
1462	4	9	0	0	8	4	2	3	2	2	0	5	8	1	48	38,10%
1461	4	9	0	0	8	4	1	3	1	2	0	5	8	1	46	36,51%
1460	4	9	0	0	8	4	1	3	1	2	0	5	8	1	46	36,51%
1459	4	9	2	0	8	4	1	4	1	4	5	5	5	4	56	44,44%
1458	4	9	2	0	8	4	1	4	1	4	5	5	5	4	56	44,44%
1457	4	9	2	0	8	4	1	4	1	4	5	5	5	4	56	44,44%

Slika 45 Kvantificirani OTP kod izratka (OTPk) [0]

Na slici 45 prikazana je podatkovna tablica za nekoliko 3DM u OTPbp. Podatkovna tablica se temelji na posebnom upitu u OTPbp, i to *Kopija q63_OTPK*.

Vidi se da su u podatkovnu tablicu uključena i dva dodatna polja, i to:

- AVK – APSOLUTNA VRIJEDNOST KODA
  - *Predstavlja zbroj svih vrijednosti svih kodnih mjesta*

$$AVK = \sum_{i=1}^{14} K_i$$

- PVK – POSTOTNA VRIJEDNOST KODA
  - *Podatak predstavlja vrijednost koda izraženu intervalom od 0 do 1, a izračunava se po jednadžbi:*

$$PVK = \frac{AVK}{126}$$

  - *Maksimalni zbroj svih kodnih mjesta je 14x9=126, pa se apsolutna vrijednost koda dijeli sa maksimalnom mogućom vrijednošću koda, kako bi se dobila vrijednost na skali od 0 do 1. Ili izraženo u postotcima od 0 do 100%.*

Obzirom da je kodni sustav definiran na način da za sva kodna mjesta vrijedi pravilo po kojem manja vrijednost ujedno znači i tehnološki jednostavnije značajke, za očekivati je da će već i samo ova dva zbirna podatka biti upotrebljivi za grubu procjenu cijene koštanja.[O-009]

Daljnjim istraživanjem moći će se odrediti i težinski udjeli svakog kodnog mjesta u OTP kodu izrade. Kao što je pokazano u ranijim istraživanjima [28], težinski koeficijenti uz svako kodno mjesto mogli bi poslužiti za vrlo preciznu procjenu cijene koštanja.
Opća jednadžba bi bila :

$$CK = b + \sum_{i=1}^{14} a_i \times K_i$$

CK - cijena koštanja,
b - korektivna konstanta jednadžbe ;
a - koeficijent težinskog udjela pojedinog kodnog mjesta;
K - vrijednost kodnog mjesta

7. KODIRANJE IZRADE

Dok je kodiranje izradaka (3DM) univerzalni postupak koji ovisi isključivo o 3DM, kodiranje izrade uz 3DM ovisi i o sustavu u kojem se izradak proizvodi.
Kako je u praksi moguća izrazita različitost, prvenstveno u tehnološkom potencijalu, od tvrtke do tvrtke, to je i mogućnost univerzalnog kodiranja izrade značajno otežana.
Ovaj problem u mOTP riješen je kroz tri razine kodiranja izrade, što je detaljnije opisano u poglavlju 2.2.7 ovog rada.[O-039]

Ovim radom istražena je mogućnost binarnog kodiranja izrade. Binarno kodiranje se u svom prvom koraku uvijek temelji na pojedinačnoj proizvodnji, odnosno za vrijednost kodnog mjesta K14=1=const. Moguće je binarno kodiranje izvršiti i sa uključenim podatkom o planiranoj količini izradaka.

U prvom koraku se utvrđuju podaci o primarnom procesu. Ukoliko je planirana količina izradaka u intervalu za koji je izbor nekog od 3 primarna procesa povoljniji od OOČ provodi se drugi korak. Radi se o istom postupku, samo sada sa primarnim procesom različitim od OOČ. Način utvrđivanja graničnih količina obzirom na izbor primarnog procesa opisana je u ovom tekstu u nastavku, a ovdje se samo napominje mogućnost uključivanja planirane količine izradaka koja je različita od 1.
U praksi se umjesto drugog koraka binarne klasifikacije predviđa postupak dekadske klasifikacije. Dekadska klasifikacija u obzir uzima planiranu količinu izradaka, ali i granične količine utvrđene binarnom klasifikacijom. Općenito, dekadska klasifikacija je finija od binarne, pa je za očekivati da će se komercijalni OTP softver temeljiti na dekadskoj klasifikaciji izrade, i uzorku na kojem su definirani njeni pojedini elementi.

Za ovo istraživanje dovoljno je provesti postupak binarne klasifikacije izrade u prvom koraku. Binarni kod izrade sastoji se od 6 kodnih mjesta, pri čemu 5 kodnih mjesta obuhvaćaju po 3 osnovna elementa tehnološkog postupka. Kodno mjesto broj 3 odnosi se na polazni materijal, a definira njegov oblik, kvalitetu, po mogućnosti i izmjere. Dakle, neizravno i ovo kodno mjesto sadrži više od jednog podatka.

Da bi se moglo kodirati ovih 6 kodnih mjesta potrebno je utvrditi sve njihove elemente. Iz tog razloga se u postupku kodiranja prvo kodiraju pojedini elementi osnovnog tehnološkog procesa, pa tek onda kodna mjesta (skupine kojima pojedini elementi pripadaju). Dakle, potrebno je definirati 15 podataka vezanih uz osnovne elemente tehnološkog procesa, plus još jedan set podataka vezan uz polazni materijal.
Praktički se radi o razvijenom binarnom kodu u oblik kakav je standardno predviđen za dekadski kod izrade. Samo što dekadski kod detaljnije opisuje elemente kodnog mjesta. Za razliku od binarnog koda koji definira samo potrebu za nekim od elemenata iz pripadajuće skupine, dekadski kod definira potrebu za točno određenim elementom iz pripadajuće skupine.

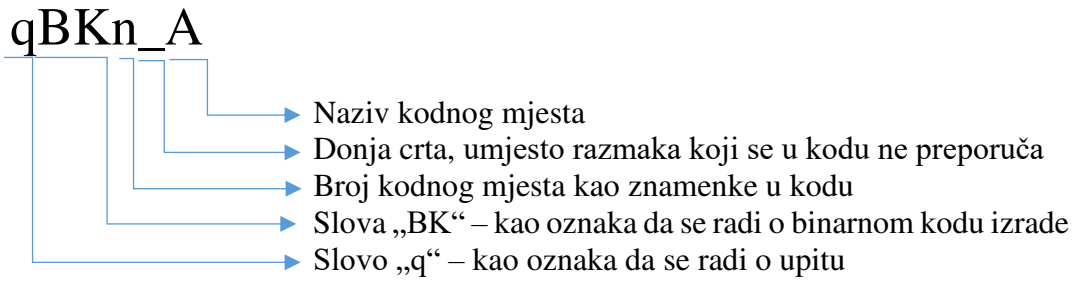
Korišten je sličan postupak kodiranja izrade kao i kod kodiranja izratka, pa se detalji postupka posebno ne navode. Vrijedi analogija sa postupkom kodiranja izratka. [O-118]

Ukupno je napravljeno 23 upita u OTPbp za kodiranje izrade. 16 pojedinačnih upita za elemente kodnog mjesta, 6 upita za kodna mjesta i 1 zajednički upit u kojem su objedinjene sve znamenke OTPbk. Imenovanje upita za pojedinačne elemente kodnog mjesta dopunjeno je oznakom skupine (kodnog mjesta) kojoj pripada.

SUSTAV IMENOVANJA UPITA VEZANIH UZ KODIRANJE IZRADE

SKUPNI UPITI

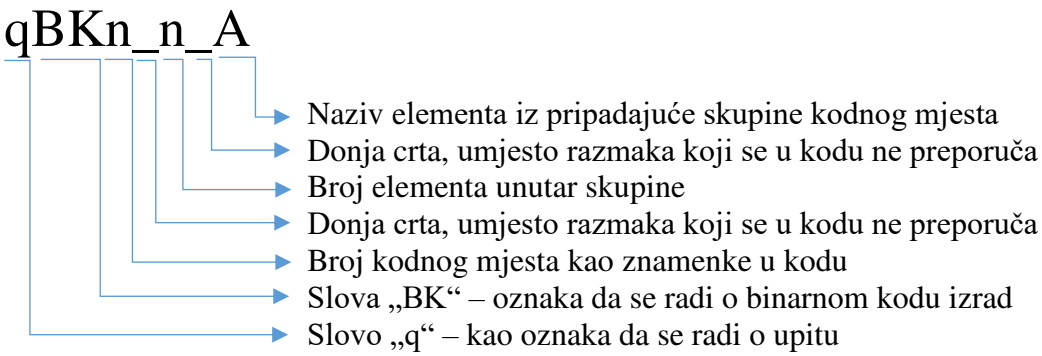
- *Odnose se na kodna mjesta OTPbk*



- *Primjeri: qBK1_Primarni; qBK2_Sekundarni, ..., qBK6_Zavrsne*

POJEDINAČNI UPITI

- *Odnose se na pojedine elemente koji su obuhvaćeni kodnim mjestom OTPbk*
- *Razlog je to da u oznaci imaju još i jedan dodatni element*



- *Primjeri: qBK1_-1Praoblikovanje; qBK1_2_Preoblikovanje, ..., qBK6_3_Zavrsni*

Iako binarni kod sugerira da se radi o kodnim mjestima koja mogu poprimiti vrijednost „0“ ili „1“, za primijetiti je da vrijednosti binarnog koda mogu poprimiti brojčane vrijednosti od 0 do 9.
Naziv binarni kod potječe iz razloga što se ovim kodiranja utvrđuju samo dva stanja. Ima li potrebe za određenim elementom tehnološkog procesa ili ne.
Međutim, da bi se skratio cjelokupni kod, koji za sve elemente iziskuje 16 znamenki, svrstana su po 3 elementa u istu skupinu. Kao što je to već opisano ranije, ukupni broj njihovih mogućih kombinacija je 2^3, dakle 8.
Generalno je korišten pristup da se označavanjem mogućih kombinacija stanja elemenata pojedinog kodnog mjesta krene od broja „0“. To sugerira da nema potrebe za ni jednim elementom tehnološkog procesa, koji pripadaju promatranoj kodnoj znamenci.
U bazi u tablicama zapis uvijek počinje sa brojem 1 (ID zapisa), ali se za prikaz na ekranu koristi oznaka vrste elementa iz pripadajuće tablice u OTPbp. Osim za BK3 – polazni materijal, za sve ostale tablice binarnog koda izrade vrijedi pravilo da je oznaka kombinacije elemenata uvijek manja za 1 od ID zapisa u tablici.
U OTPbp relevantan je ID zapisa u tablici, a oznaka podatka u istom retku je značajna samo tehnologu, kao prikladniji prikaz rezultata na ekranu. Oznaka kombinacije je uvijek cijeli broj, pa je moguće u algoritmima za kvantificiranje binarnog koda umjesto ID podatka koristiti oznaku kombinacije. Tako je i napravljeno u daljnjoj obradi podataka.

Konkretni elementi algoritama za kodiranje izradaka u mOTP prikazani su kao posebne cjeline u ovom poglavlju.

Za kodiranje kodnih mjesta OTPbk u mOTP vrijedi općenita jednadžba koja se temelji na vrijednosti pojedinih elemenata koji su sastavni dio svakog pojedinog kodnog mjesta:

```
BKn=
IF(AND(BKn_1=0;BKn_2=0;BKn_3=0);1;
IF(AND(BKn_1>0;BKn_2=0;BKn_3=0);2;
IF(AND(BKn_1=0;BKn_2>0;BKn_3=0);3;
IF(AND(BKn_1=0;BKn_2=0;BKn_3>0);4;
IF(AND(BKn_1>0;BKn_2>0;BKn_3=0);5;
IF(AND(BKn_1>0;BKn_2=0;BKn_3>1);6;
IF(AND(BKn_1=0;BKn_2>0;BKn_3>0);7;
IF(AND(BKn_1>0;BKn_2>0;BKn_3>0);8;
9)))))))))
```

Broj „n“ iza slova BK označava redni broj kodnog mjesta u OTPbk, a ide od 1 do 6. Npr. za n=1 →BKn =BK1= binarno kodno mjesto primarnog procesa.

Obzirom na mogućnost postojanja decimalnog zapisa pojedinih elemenata kodnog mjesta BK2 (sekundarni procesi), u jednadžbi se umjesto uvjeta „=1“ koristiti uvjet „>0“. Naime, toplinsku obradu ili površinsku zaštitu moguće je odmah dekadski kodirati (brojevima od 0 do 9), a utjecaj na binarni kod sve znamenke veće od nule imaju isti utjecaj. Znači da postoji potreba za promatranim elementom u tehnološkom procesu.

Navedena jednadžba napisana je u u sintaksi za MS Excel. U Accesu je sintaksa nešto drugačija, obzirom na operator „I“. Ne koristi se zapis u zagradi, nego se između svakog uvjeta navodi vrsta operatora „AND“.

U nastavku je prikazan zapis kako je to napravljeno u OTPbp, za prvo kodno mjesto OTPbk:

```
BK1:
IIf([BK1_1]=0 And [BK1_2]=0 And [BK1_3]=0;1;IIf([BK1_1]=1 And [BK1_2]=0 And [BK1_3]=0;2;IIf([BK1_1]=0 And [BK1_2]=1 And [BK1_3]=0;3;IIf([BK1_1]=0 And [BK1_2]=0 And [BK1_3]=1;4;IIf([BK1_1]=1 And [BK1_2]=1 And [BK1_3]=0;5;IIf([BK1_1]=1 And [BK1_2]=0 And [BK1_3]=1;6;IIf([BK1_1]=0 And [BK1_2]=1 And [BK1_3]=1;7;IIf([BK1_1]=1 And [BK1_2]=1 And [BK1_3]=1;8;9)))))))))
```

Vidljivo je da se radi o podužem izrazu, a ako se uzme u obzir da se on treba provesti za svako kodno mjesto OTbk, dakle 6 puta, moguć je problem ograničenja Accessa obzirom na veličinu upita.
S druge strane, prilikom zamjene slovne oznake „n“ sa konkretnim brojem kodnog mjesta moguća je pogreška u kodnom mjestu. Bolje rješenje je napraviti jednu novu internu funkciju kao modul u OTPbp, koja se poziva prilikom izračuna svakog pojedinog kodnog mjesta OTPbk.

U svakom slučaju, općenito se može napisati jednadžba za definiranje pojedinih kodnih mjesta OTPbk kao:

```
BKn=
f(BKn_1;BKn_2;BKn_3) ……..…….. (J-01)
```

Oznaka „f“ predstavlja funkciju (izraz) kojim se utvrđuje vrijednost kodnog mjesta obzirom na kombinaciju njegovih elemenata.

7.1 PRIMARNI PROCESI - BK1

Tri su vrste obrade koje se u mOTP mogu smatrati elementima primarnog procesa, i to:

- PRAOBLIKOVANJE
  - *Uglavnom postupci lijevanja*
- PREOBLIKOVANJE
  - *Uglavnom postupci deformiranja*
- SPAJANJE
  - *Uglavnom postupci zavarivanja*

Tablica 37 *BK1: primarni procesi - kombinacije elemenata* [0]

ID	Oznaka	Naziv	PRA	PRE	SAST	Kod BK1 PRIMARNI
1	0	BEZ PRIMARNOG PROCESA	0	0	0	000
2	1	PRAOBLIKOVANJE	1	0	0	100
3	2	PREOBLIKOVANJE	0	1	0	010
4	3	SPAJANJE	0	0	1	001
5	4	PRAOBLIKOVANJE I PREOBLIKOVANJE	1	1	0	110
6	5	PRAOBLIKOVANJE I SPAJANJE	1	0	1	101
7	6	PREOBLIKOVANJE I SPAJANJE	0	1	1	011
8	7	SVA TRI PRIMARNA PROCESA	1	1	1	111
9	8	NEDEDFINIRANI PRIMARNI PROCES	2	2	2	222

Binarnom klasifikacijom definira se primarni proces kvalitativno, odnosno određuje se da li će u tehnološkom postupku biti potrebni primarni procesi. U slučaju potrebe primarnog procesa, najčešće se radi samo o jednoj od predviđenih vrsta obrade, iako je moguće da su potrebne i dvije, pa i sve tri predviđene vrste obrade.
Moguće je 8 kombinacija pripadajućih elemenata. Svaka kombinacija predstavljena je svojom znamenkom u binarnom kodu. U tablici 37 prikazani su za svaku kombinaciju, njen (ID), vrijednost (Oznaka) i naziv kombinacije.

U pravilu se u binarnoj klasifikaciji pretpostavlja da nema potrebe za primarnim procesima, dakle je očekivana vrijednost binarnog koda BK1= 0.

Iznimka je u slučajevima kada se radi o 3DM velikih gabarita, za koje ne postoje standardni poluproizvodi. U tom slučaju se pretpostavlja da će se izradak proizvesti iz više dostupnih standardnih poluproizvoda spajanjem u jednu cjelinu.
U ovom iznimnom slučaju vrijednost binarnog koda BK1= 3. U OTPbp u tablici *t641BK1PrimarniProcesi* za redak u kojem je „spajanje“ vrijednost polja *IDBK1Primarni* je 4, a vrijednost u polju *OznakaBK1Primarni* je 3. Oznaka kodnog mjesta na ekranu je 3, a predstavlja kombinaciju elemenata kodnog mjesta primarnog procesa „001“.

Oznaka na ekranu i kombinacija vidljivi su na slikama pojedinih binarnih kodnih mjesta, i neće se više posebno navoditi u samom tekstu. Ni za ovo, a ni za ostala mjesta binarnog koda.
Moguće je i da se umjesto spajanjem, veliki izradci proizvedu lijevanjem. U tom slučaju vrijednost binarnog koda bi bila BK1=1.
Za primijetiti je da se u ovom slučaju primarni proces ne određuje na temelju ekonomskog kriterija (manji trošak izrade), nego na dobavljivosti polaznog materijala. Radi se o eliminacijskom kriteriju, neovisno o tehnološkim ili ekonomskim kriterijima.
Ovaj slučaj je već obrađen prilikom kodiranja prve znamenke OTPk.O-120

Za OTPbk kodno mjesto BK1 je moguće utvrditi samo na temelju OTPk, i to samo njegovog kodnog mjesta K1. Algoritmi za kodiranje pojedinih elemenata primarnog procesa su:
BK1_1= IF(K1=3;1;0) …… (J-02)

BK1_2=0 …… (J-03)

BK1_3= IF(K1=5;1;0) …… (J-04)

Obzirom na jednostavnost algoritma za kodiranje primarnog procesa, može se steći dojam da je primarni proces u ovom istraživanju zanemaren. Međutim, činjenica je upravo suprotna.
Sastavni dio ovog rada je i prilog [A] u kojem su prikazani rezultati paralelnog istraživanja, koje ja autor ovog rada proveo sa ciljem automatizacije definiranja utjecaja proizvodnih količina u mOTP.

Na temelju ostvarenih rezultata moguće je tijekom binarnog kodiranja odrediti i granične količine za odabir optimalne vrste obrade kao primarnog procesa u tehnološkom postupku.
Istraživanjem je definiran set jednadžbi za određivanje optimalnih količinskih intervala za svaku od tri vrste obrade iz skupine primarnih procesa. Utvrđene jednadžbe su općenite i vrijede za bilo koji 3DM.
Jednadžbe su otvorenog tipa, što znači da uz podatke koji su čvrsto vezani uz značajke 3DM imaju i član kojim se jednadžba može prilagoditi tvrtci za koju se vrši posebno istraživanje.

Jednadžbe za definiranje granice intervala temelje se na uobičajenom kriteriju za izbor primarnog procesa, a to je minimalni trošak izrade. Sam način izračuna graničnih količina vrši se na temelju proizvodnih troškova, a način je prikazan detaljno u prilogu [A] ovog rada, koji je sastavni dio ovog istraživanja.

Ovdje se navode samo osnovni elementi postupka za izbor primarnog procesa.

U osnovi se definiranje primarnog procesa svodi na određivanje graničnih veličina serija za svaku od 3 vrste primarnih obrada. Njima se pridodaje i obrada odvajanjem kao poseban slučaj tehnološkog procesa koji započinje obradom odvajanja čestica iz standardnog poluproizvoda, dakle bez primarnih obrada.
Općenito vrijedi jednadžba

$$n_{g12} = \frac{T_{AU_2} - T_{AU_1}}{k_{TI_1} - k_{TI_2}}$$

gdje je:

- n_{gii} – *granična količina za promatrane dvije vrste primarne obrade*
- i – *redni broj uključenih vrsta obrade kao elemenata primarnog procesa*
- T_{AU_i} – *trošak alata za promatranu vrstu obrade (fiksni trošak)*
- k_{TI_i} – *trošak materijala, usluga i rada (varijabilni trošak, koji ovisi o 3DM)*

Vrijednost svakog elementa s desne strane gornje jednadžbe mogu se izračunati na temelju posebnih jednadžbi koje su istraživanjem u potpunosti definirane. Svi elementi ovih posebnih jednadžbi mogu se ugraditi u OTPbp, što znači da se i sve vrijednosti s desne strane gornje jednadžbe mogu automatizirano izračunati.

Izračunom se dobije matrica rezultata iz koje se lako očitaju rezultati, odnosno definiraju područja količina u kojima je optimalno korištenje određene vrste obrade kao primarnog procesa.
Vrijednosti ispod dijagonale matrice simetrično su jednake vrijednostima iznad dijagonale.

Tablica 38 Matrica graničnih količina primarnog procesa [A]

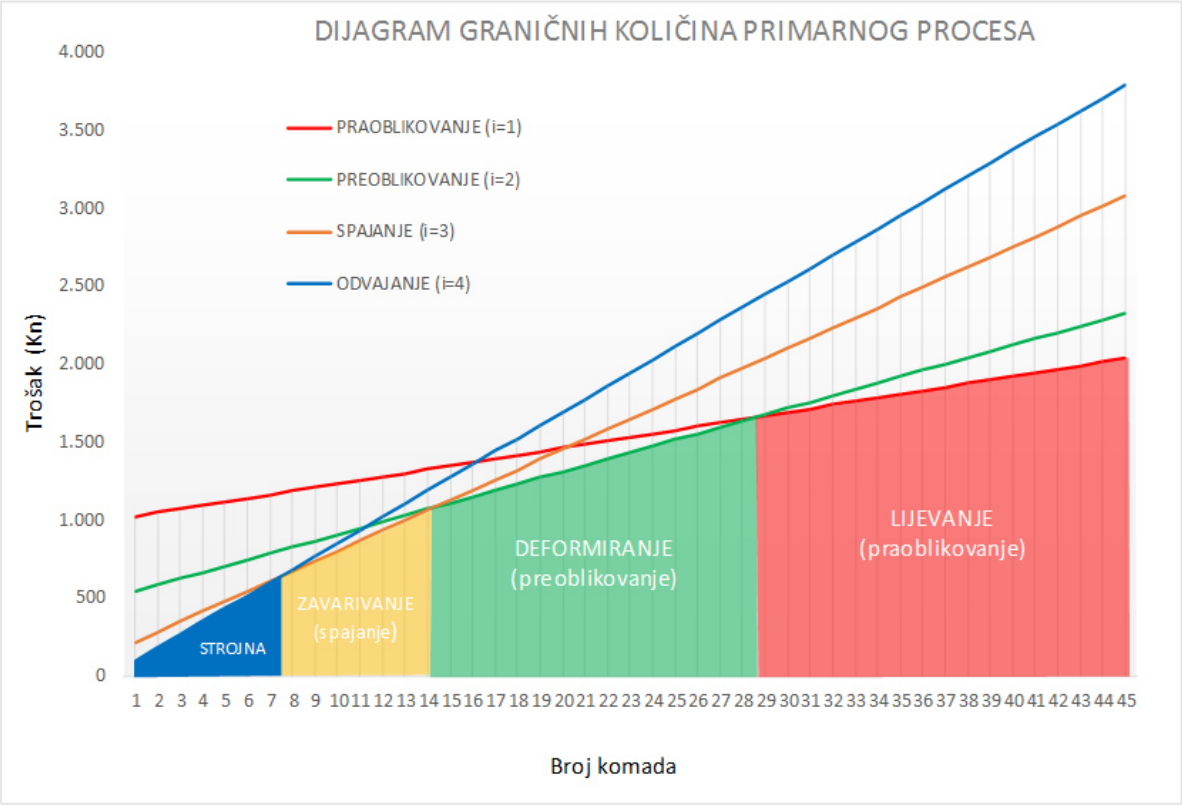
VRSTE OBRADA		PRA	PRE	SPA	ODV
		1	2	3	4
PRAOBLIKOVANJE	1		n_{g12}	n_{g13}	n_{g14}
PREOBLIKOVANJE	2	n_{g21}		n_{g23}	n_{g24}
SPAJANJE	3	n_{g31}	n_{g32}		n_{g34}
ODVAJANJE	4	n_{g41}	n_{g42}	n_{g43}	

Na slici 46 prikazani su rezultati za jedan primjer iz dodatnog istraživanja, koje je proveo autor ovog rada.

PODACI VEZANI UZ IZBOR PRIMARNOG PROCESA ZA:		OSOVINA						3D model	3D-172
USLUGA	oznaka	ELEMENTI TROŠKA				NAKNADNO		ELEMENTI JEDNADŽBE	
		T_{AUi}	T_{MUi}	T_{OUi}	T_{NUi}	k_{Gi}	T_{NUi}	T_{Ii}	T_{AUi}	k_{TIi}
PRAOBLIKOVANJE	i=1	1.000,00	4,00	4,00	15,00	0,20	15,00		1.000,00	23,00
PREOBLIKOVANJE	i=2	500,00	9,00	9,00	22,50	0,30	22,50		500,00	40,50
SPAJANJE	i=3	150,00	8,00	12,00	45,00	0,60	45,00		150,00	65,00
ODVAJANJE	i=4	10,00	9,00	75,00	0,00		0,00		10,00	84,00

MATRICA GRANIČNIH KOLIČINA PRIMARNOG PROCESA					
VRSTE OBRADA		PRA	PRE	SPA	ODV
		1	2	3	4
PRAOBLIKOVANJE	1		**28,57**	**20,24**	**16,23**
PREOBLIKOVANJE	2	28,57		**14,29**	**11,26**
SPAJANJE	3	20,24	14,29		**7,37**
ODVAJANJE	**4**	16,23	11,26	7,37	

$$n_{g12} = \frac{T_{AU_2} - T_{AU_1}}{k_{TI_1} - k_{TI_2}}$$



Slika 46 Rezultati izračuna graničnih količina za izbor primarnog procesa [A]

Izbor primarnog procesa vrši se usporedbom ukupne količine sa graničnim veličinama serije, a kao primarni proces odabire se onaj čije područje odgovara ukupnoj količini.
Za prikazani primjer vrijedi:

- *Za količine do 7,37 komada nije potreban primarni proces (primarni proces je OČČ)*
- *Za količine u intervalu od 7,37 do 14,29 optimalan je primarni proces spajanje*
- *Za količine u intervalu od 14,29 do 28,57 optimalan je primarni proces preoblikovanja*
- *Za količine veće od 28,57 komada optimalan je primarni proces praoblikovanja*

Količine namjerno nisu zaokružene na cijeli broj, nego su napisane sa decimalnim mjestima radi bolje preglednosti obzirom na podatke na slici 46.

7.2 SEKUNDARNI PROCESI – BK2

Kao sekundarni procesi u mOTP moguće su preostale tri vrste obrade, koje nisu predviđene kao vrste obrade primarnog procesa, a to su:

- ODVAJANJE
  - *Uglavnom postupci odvajanja čestica*
- TOPLINSKA OBRADA
  - *Uglavnom postupci očvrščivanja i otvrđivanja materijala*
- POVRŠINSKA ZAŠTITA
  - *Uglavnom postupci galvaniziranja i lakiranja*

Tablica 39 BK2: sekundarni procesi - kombinacije [0] elemenata

ID	Oznaka	Naziv	ODV	TOP	POV	Kod BK2 SEKUNDARNI
1	0	BEZ SEKUNDARNOG	0	0	0	000
2	1	ODVAJANJE	1	0	0	100
3	2	TOPLINSKA OBRADA	0	1	0	010
4	3	POVRŠINSKA ZAŠTITA	0	0	1	001
5	4	ODVAJANJE I TOPLINSKA	1	1	0	110
6	5	ODVAJANJE I POVRŠINSKA	1	0	1	101
7	6	TOPLINSKA I POVRŠINSKA	0	1	1	011
8	7	SVI SEKUNDARNI PROCES	1	1	1	111
9	8	NEDEDFINIRANI SEKUNDARNI	2	2	2	222

Za razliku od primarnog procesa klasifikacija sekundarnih procesa je znatno jednostavnija.
Budući se u binarnoj klasifikaciji mOTP pretpostavlja da se radi o pojedinačnoj proizvodnji, i to za vrste izradaka tipa dijelovi (pozicije – strojni dijelovi) u pravilu je potrebna OOČ.
Preostale dvije predviđene sekundarne vrste obrade su izravno vezane sa podacima u .btp. To znači da se mogu kvantificirati sa jednostavnim algoritmom. Vrijednost se preuzima izravno iz određenog polja u .btp.
Konkretno se radi o parametrima 3DM, i to onima koji se u BTP upisuju u okviru „ZAHTJEVI TOPLINSKE I POVRŠINSKE OBRADE“.
Radi se o podacima u „C“ poljima koja mogu poprimiti vrijednosti od 1 do 9, i to parametri:

- TOPLINSKA OBRADA
  - *= vrijednost u polju C1 t120btp (t120btp/C1)*
- POVRŠINSKA ZAŠTITA
  - *= vrijednost u polju C7 t120btp (t120btp/C7)*

Za uočiti je da se ovdje može odrediti ne samo potreba za sekundarnim obradama općenito, nego i konkretna vrsta toplinske obrade ili površinske zaštite. To je iz razloga jer se u .btp nalaze podaci o potrebnoj vrsti navedenih obrada.
Za OOČ to nije slučaj, nego se pojedini potrebni tehnološki postupci definiraju posebno.

Na temelju utvrđenih vrijednosti za svaku od sekundarnih vrsta obrade kvantificira se i kodno mjesto BK2 kao cjelina. Vrijedi općenita jednadžba (J-01). Za ovo kodno mjesto OTPbk moguće je da drugi i treći element kodnog mjesta poprime bilo koju vrijednost od „0“ do „9“, a ne samo „0“ ili „1“.
Potrebno je za ove elemente koristiti uvjet „veći od 0“ umjesto uvjet „=1“, kao što bi to bilo dovoljno u slučaju za elemente kodnih mjesta koji mogu poprimiti samo vrijednosti „0“ i „1“.

Za OTPbk kodno mjesto BK2 je moguće utvrditi samo na temelju parametara 3DM, čije vrijednosti su u .btp zapisane u poljima C1 i C7 *t120btp*. Algoritmi za kodiranje pojedinih elemenata sekundarnog procesa su:

BK2_1=1 …… (J-05)

BK2_2=C1 …… (J-06)

BK2_3=C7 …… (J-07)

7.3 POLAZNI MATERIJAL – BK3

Treće kodno mjesto OTPbk odnosi na polazni materijal, ili točnije oblik polaznog materijala, odnosno na izbor poluproizvoda kao sirovca.
Budući se radi o materijalnom izratku, materijal je uvijek potreban, pa ne bi imalo smisla kodirati ovo kodno mjesto na temelju uvjeta „ima li potrebe za materijalom“. Rezultat bi uvijek bio isti. U OTPbk bi iznosio BK3=1.

Iz tog razloga je za ovu kodnu znamenku, već u binarnom kodu, primijenjena metoda dekadskog kodiranja. Umjesto mogućih rezultata „0“ ili „1“, u samom kodu omogućen je zapis vrijednosti od 1 do 9. Pri tome svaka znamenka predstavlja točno određeni oblik materijala, odnosno poluproizvod.
Ovo je napravljeno u cilju detaljnijeg definiranja polaznog materijala već i prije dekadske klasifikacije. Zapravo je ostvareno je rješenje po kojem se binarni kod za polazni materijal po rezultatima u potpunosti izjednačava sa dekadskim kodom.

Ovo za posljedicu ima različitost načina kodiranja od preostalih kodnih mjesta OTPbk.
Iako bi navedena općenita jednadžba za kodiranje pojedinih kodnih mjesta vrijedila i za BK3, ona se u ovom slučaju ne primjenjuje iz već navedenog razloga, da je njen rezultat unaprijed poznat.

U nastavku ovog odjeljka detaljno će se opisati algoritmi za definiranje polaznog materijala, a ovdje se odmah navodi jednadžba za definiranje oblika polaznog materijala:

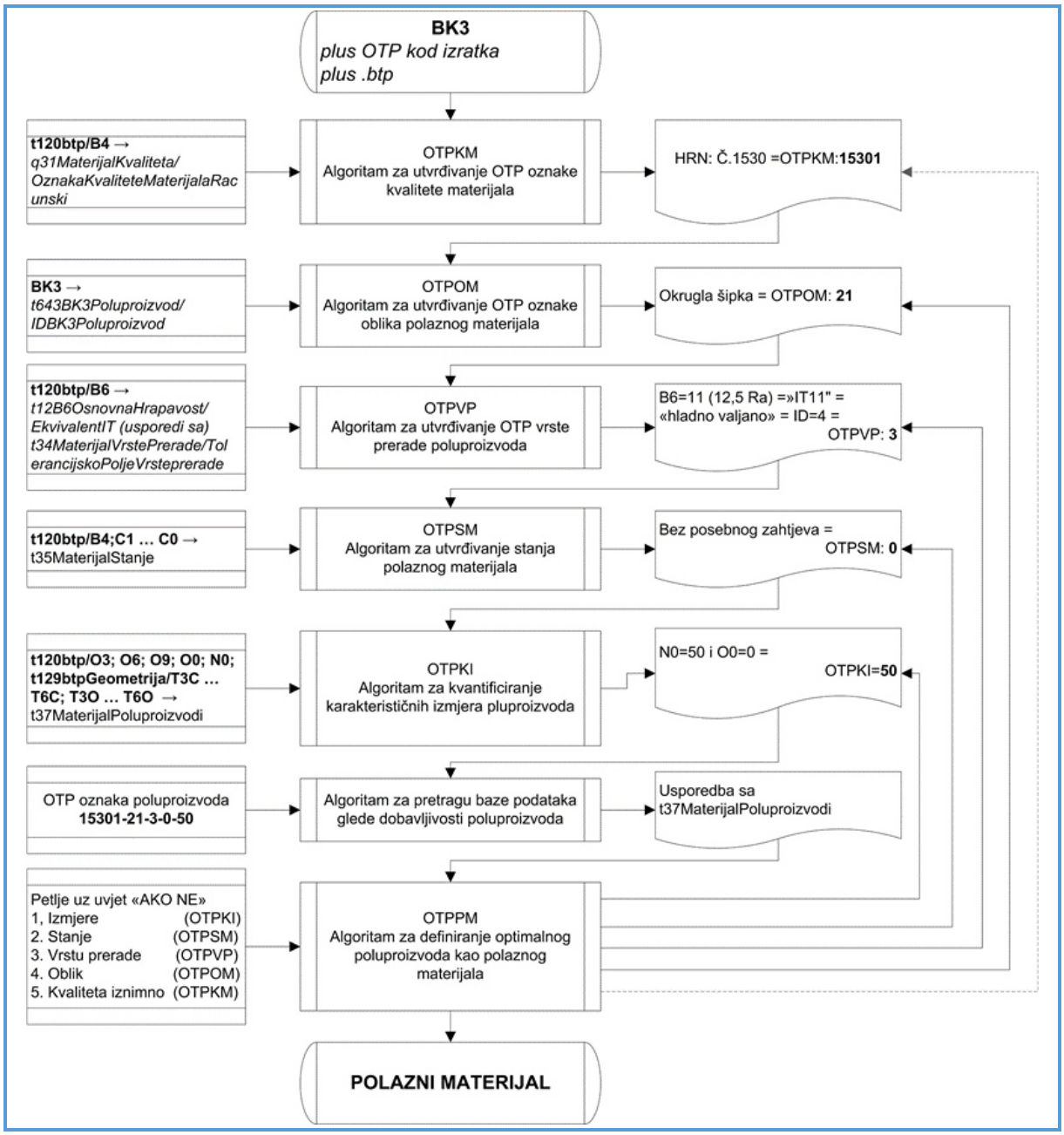
BK3= IF(AND(K2=4;K3=1);1;
IF(AND(K2=6;I0≤1.000);2;
IF(AND(K2=2; N0≤600;OR(K3=2;K3=3;K3=4;K3=5));4;
IF(AND(K2=3;N0≤65);6;
IF(AND(I0≤120;G0≤120;OR(K2=4;K2=5);7;
IF(AND(I0≤60;G0≤400;OR(K2=4;K2=5);7;
IF(AND(K2=2;K3=0;N0≤650;5
IF(AND(K2=2;N0≤650;5;
IF(AND(K2>6;N0≤650;5;
IF(AND(K2=1;I0≤140;G0≤2000);3;
IF(AND(K2><2;N0≤650);5;
IF(AND(I0≤140;G0≤2000);3;8))))))))))) ……..……..... (J-08)

Za napomenuti je da izraz IF(AND(K2><2;N0≤650);5 znači da iako se ne radi o rotacijskom dijelu, polazni materijal može biti okrugla šipka. U praksi je to čest slučaj uzrokovan nedostupnom kvalitetom materijala, npr. pravokutnih šipki. Npr., iako postoji kvadratna šipka a=50 mm kao standardni poluproizvod, ona nije dostupna u kvaliteti materijala Č.4150 mm. U traženoj kvaliteti postoji okrugla šipka. N0 je promjer opisane kružnice, a za kvadrat je to njegova dijagonala $\left(N0 = \sqrt{2} \times a\right)$. Za kvadrat 50 mm, potreban promjer je 70,5 mm, pa bi se kao polazni materijal mogao odabrati okrugla šipka promjera 75 mm. To je slijedeći veći standardno dobavljivi promjer okrugle šipke u traženoj kvaliteti materijala.

Slično vrijedi i za uvjet IF(AND(I0≤140;G0≤2000);3, samo što se on odnosi na izbor ploče, odnosno lima kao polaznog materijala.
Još je za napomenuti da je važan redoslijed provjere uvjeta, kao što je u nastavku ovog odjeljka opisano.

Kao što je već u ovom radu navedeno polazni materijal je definiran sa barem tri osnovna podatka. Radi se o podatku o kvaliteti materijala (npr. AlMgSi0,5), podatku o obliku poluproizvoda (npr. okrugla šipka), i podacima o karakterističnim izmjerama poluproizvoda (npr. promjer šipke = 50 mm).
Kvaliteta materijala je u pravilu zadana od strane konstruktora, izravni je podatak kao parametar 3DM, a u .btp se zapisuje u *t120btp/B4*. Algoritam za definiranje kvalitete materijala je relativno jednostavan. Algoritam za definiranje oblika poluproizvoda i njegovih izmjeri je značajno složeniji.

U komercijalnom OTP softveru, u OTPbp će svakako biti uključeni podaci o većini standardnih, pa i posebnih poluproizvoda. U tom slučaju, dijagramom toka na slici 47 prikazan je mogući algoritam za izbor poluproizvoda kao polaznog materijala u mOTP. Prikazanim algoritmom polazni materijal se definira u potpunosti. Definirani su svi potrebni podaci za narudžbu kod dobavljača.



Slika 47 *Dijagram toka izbora polaznog materijala u mOTP* [0]

7.3.1 Osnovna binarna klasifikacija polaznog materijala (BK3)

Cilj binarne klasifikacije je određivanje oblika polaznog materijala.
Za ovo istraživanje analizirani su standardni poluproizvodi koji su, kao uobičajeno dostupni, sadržani u katalogu trenutno vodeće tvrtke za prodaju materijala potrebnih za strojarsku proizvodnju u Republici Hrvatskoj.
Obzirom na kvalitetu materijala obuhvaćeni su obojeni metali, nehrđajući čelici, crna metalurgija i industrijska plastika.
Obzirom na oblik poluproizvoda zastupljeni su šipke, cijevi, profili i pločasti materijali.
Dio standardnih poluproizvoda iz kataloga, tijekom istraživanja je dodan u OTPbp.
Iako nisu svi poluproizvodi upisani u OTPbp, za ovo istraživanje to nije ni nužno potrebno. Za očekivati je da će se kod daljnjeg razvoja mOTP popis dostupnih poluproizvoda u OTPbp značajno dopuniti. Posebno se to odnosi na detaljnost razrade dekadske i posebne klasifikacije mOTP.

Obzirom na karakteristične izmjere čeličnih poluproizvoda mogući su slijedeći standardni poluproizvodi, kao polazni materijali za ovo istraživanje:

- PRAVOKUTNE CIJEVI
  - *Kvadratne: a= 10 do 250 mm (stjenka 1,5 do 10 mm)*
  - *Plosnate: a=15 do 300 mm; b=10 do 150 mm (stjenke od 1,5 do 10 mm)*
  - *Duljine cijevi do 6.000 mm*
- PROFILI
  - *L istokračni: a= 20 do 160 mm (s= 3 do 17 mm)*
  - *L raznokračni: a= 20 do 100 mm; b=30 do 200 (s= 3 do 17 mm)*
  - *UNP: h=30 do 400 mm*
  - *Duljine profila do 12.000 mm*
- NOSAČI
  - *INP; IPE: visine od 80 do 500 mm (odnosno 600 mm za IPE)*
  - *HEA; HEM; HEB: visine od 100 do 1.000 mm.*
  - *Duljine nosača do 12.000 mm*
- PLOČASTI MATERIJALI
  - *Folije aluminijske: 0,025 do 0,1 mm (širina trake 1.000 mm)*
  - *Limovi: od 0,5 do 140 mm*
  - *maksimalna širina ploče do 2.000 mm, a duljina do 12.000 mm*
- OKRUGLE CIJEVI
  - *Precizne: od vanjskog promjera 4 do 120 mm (debljina stjenke od 0,5 do 10 mm)*
  - *Bešavne: od vanjskog promjera 10,2 do 600 mm (stjenke od 1,6 do 100 mm)*
  - *Bešavne debelostjene: od vanjskog promjera 32 do 419 mm (stjenke od 4 do 90 mm)*
  - *Šavne: od vanjskog promjera 12 do 323 mm (stjenke od 1,5 do 100 mm)*
  - *Duljine cijevi do 6.000 mm*
- OKRUGLE ŠIPKE
  - *Promjer: od 2 mm do 650 mm*
  - *duljina šipki do 6.000 mm*
- ŠESTEROKUTNE ŠIPKE
  - *OK: od 7 do 75 mm*
  - *Duljine šipke do 6.000 mm*
- PRAVOKUTNE ŠIPKE
  - *Kvadratne: a= 5 do 120 mm (a=širina)*
  - *Plosnate: a=10 do 400 mm; d=2 do 60 mmm (d= debljina)*
  - *Duljine šipke do 6.000 mm*

Uvjeti klasifikacije oblika su:

- BK3=1 …….…… PRAVOKUTNA CIJEV
  - *Ako je K2=4 i K3=2*
  - *Kod: BK3=IF(AND(K2=4; K3=2);1;0)*
- BK3=2 ……..…….. PROFILI I NOSAČI
  - *Ako je K2=6 i I0≤1.000*
- BK3=3 …….……..… PLOČA
  - *Ako je K2=1 i I0≤140 i G0≤2.000*
    Ili
  - *Ako je I0 ≤140 i G0≤2.000*
- BK3=4 …….…….... OKRUGLA CIJEV
  - *Ako je K2=2 i (K3=3 ili K3=4 ili K3=5 ili K3=6)*
  - *Ovo se može zapisati i kao K2=2 i (K3>2 i K3<7)*
  - *Ili kao K2=2 i K3 BETWEEN 2 i 7*
- BK3=5 ……..…….... OKRUGLA ŠIPKA
  - *Ako je K2=2 i (K3=1 ili K3>6) i N0≤650*
    Ili
  - *K2#2 i NO≤650*
- BK3=6 ……..……. ŠESTEROKUTNA ŠIPKA
  - *Ako je K2=3 i N0≤65*
- BK3=7 …….…… PRAVOKUTNA ŠIPKA
  - *Ako je (K2=4 ili K2=5) i (I0≤120 i G0≤120)*
    Ili
  - *Ako je (K2=4 ili K2=5) i (I0≤60 i G0≤400)*
- BK3=8 ……..…… ODLJEVAK, OTKIVAK, SKLOP
  - *Ako nije ni jedan od ranije utvrđivanih oblika*
  - *U OTPbp su napravljena polja u upitu za svaku znamenku BK3_1; BK3_2;… BK3_7.*
  - *Ako ni jedno od ovih polja nije veće od nule znači da je BK3=8*
- BK3=9 ……..……..…….. OSTALO
  - *Ovim istraživanjem se ne utvrđuje ostali oblik, nego se smatra da se radi o nekom od odljevaka, otkivaka i sklopova*

U praksi je moguće isti izradak napraviti iz različitih poluproizvoda. Da bi se odabrao optimalni, važno je u algoritam za izbor polaznog materijala ugraditi točan redoslijed izvođenja pojedinih upita.
Svaki upit sadrži set uvjeta, koji ako su ispunjeni rezultiraju točno određenim rezultatom, odnosno oblikom polaznog materijala. Rezultat je brojčana vrijednost od 1 do 9 kodnog mjesta BK3. U nastavku je naveden redoslijed provjere uvjeta ovisno o predodređenoj vrijednosti BK3:

1. BK3=1 **pravokutna cijev,** ako nije pravokutna cijev, onda provjeriti je li:
2. BK3=2 **profil ili nosač**, ako nije profil ni nosač, onda provjeriti je li:
3. BK3=4 **okrugla cijev**, ako nije okrugla cijev, onda provjeriti je li:
4. BK3=6 **šesterokutna šipka**, ako nije šesterokutna šipka, onda provjeriti je li:
5. BK3=7 **pravokutna šipka**, ako nije pravokutna šipka, onda provjeriti je li:
6. BK3=5 **okrugla šipka**, ako nije okrugla šipka, onda provjeriti je li:
7. BK3=3 **pločasto**, ako nije lim, onda je:
8. BK3=8 **odljevak, ili otkivak, ili sklop.**
9. BK3=9 ostali oblici polaznih materijala

Ostali oblici nisu zastupljeni u ovom istraživanju, pa nije ni moguća vrijednost kodnog mjesta izrade BK3=9 u ovom radu.

7.3.2 Proširena binarna klasifikacija polaznog materijala (BK3_n)

Kako su u .btp sadržani i podaci o gabaritima 3DM, moguće je odmah u binarnoj klasifikaciji, uz oblik, odrediti i izmjere polaznog materijala, a posljedično tome i njegovu jediničnu masu. Može se govoriti o proširenoj binarnoj klasifikaciji. Prošireni podaci odnose se na podatke koji bi standardno trebali biti utvrđeni dekadskom klasifikacijom.

U tom smislu uz binarni kod polaznog materijala, koji se zapisuje u jednom polju, veže se i dodatnih 6 polja:

- BK3: OBLIK POLUPROIZVODA (NPR. 1=PRAVOKUTNA CIJEV)
  - *BK3_1: prva karakteristična izmjera oblika (npr. a=širina cijevi)*
  - *BK3_2: druga karakteristična izmjera oblika (npr. b=visina cijevi)*
  - *BK3_3: treća karakteristična izmjera oblika (npr. s=debljina stjenke)*
  - *BK3_4: prva varijabilna izmjera oblika (to je uvijek L=duljina)*
  - *BK3_5: druga varijabilna izmjera oblika (samo za limove, b=širina)*
  - *BK3_6: masa polaznog materijala (uključuje masu poluproizvoda navedenih izmjera)*

Ukoliko su poznati svi navedeni podaci, oblik i izmjere, može se govoriti o poluproizvodu kao odabranom polaznom materijalu.
Za napomenuti je da se broj potrebnih podataka o izmjerama razlikuje od oblika do oblika poluproizvoda.
U prilogu [E] detaljnije je opisano definiranje izmjera pojedinih oblika presjeka. Ovdje se u tablici 40 prikazuje kombinacije OTP potrebnih izmjera za pojedine oblike poluproizvoda.

Tablica 40 *Oblici presjeka i potrebne karakteristične izmjere* *[0]*

Redni broj	OBLIK	KARAKTERISTIČNA IZMJERA OBLIKA PRESJEKA							VARIJABILNA IZMJERA	
		ø	s	OK	H	a	b	d	L	B
1	Pravokutna cijev					K1	K2	K3	V1	
2	Profili i nosači				K1				V1	
3	Ploča (lim)							K1	V1	V2
4	Okugla cijev	K1	K2						V1	
5	Okrugla šipka	K1							V1	
6	Šesterokutna šipka			K1					V1	
7	Pravokutna šipka						K1	K2	V1	
8	Odljevak, otkovak, sklop					K1	K2	K3		
9	Ostali oblici				K1		K2		V1	
	Posebni slučajevi									
1.1	Kvadratna cijev					K1		K2	V1	
7.1	Kvadratna šipka					K1			V1	

Vidljivo je da su za potpuno definiranje izmjera poluproizvoda potrebne maksimalno 3 karakteristične izmjere (KI) i dvije varijabilne izmjere (VI).

Polazni materijal u mOTP je standardni poluproizvod koji je uobičajeno dobavljiv na tržištu. Na tržištu postoje različiti standardni poluproizvodi, a njihova paleta se s vremenom još i povećava, što gotovo sigurno znači da u OTPbp neće moći biti obuhvaćeni baš svi standardni poluproizvodi.
Iz tog razloga je OTPbp tako strukturirana da je u svakom trenutku tijekom primjene mOTP moguće dodavanje novih poluproizvoda. Moguće je i dodavanje podataka u bilo koju tablicu koja je vezana uz poluproizvode, kao npr. dodavanje nove kvalitete materijala. Obzirom na različite standarde oznaka kvalitete materijala u odgovarajuću tablicu u OTPbp moguće je za istu kvalitetu materijala upisati više oznaka kvalitete, sukladno standardima pojedinih zemalja.

Za potrebe ovog istraživanja, zbog nepotpunosti OTPbp glede upisanih poluproizvoda, napravljen je prilagođeni algoritam za izbor polaznog materijala. U algoritmu se pretpostavlja postojanje standardnih poluproizvoda osnovnih oblika kako je prikazano u tablici 20.[O-043] Pretpostavlja se da je poluproizvod dostupan u traženoj kvaliteti.

Standardni poluproizvodi istog oblika razlikuju se obzirom na nazivne mjere karakterističnih izmjera. Iako se one razlikuje obzirom na oblik, kvalitetu materijala, pa i vrstu prerade, za ovo istraživanje zadovoljava pretpostavljena dobavljivost polaznog materijala. Dobavljivost poluproizvoda temelji se na nazivnoj mjeri njegove prve karakteristične izmjere.

Vezano na dobavljivost izmjera poluproizvoda, na temelju spomenutog kataloga uobičajeno dobavljivih poluproizvoda, autor ovog istraživanja je pretpostavio slijedeće:

- *Za nazivne mjere do 20 mm korak je 1 mm (dobavljivo je 1; 2 ; 3 ...; 17; 18; 19; 20)*
- *Za nazivne mjere od 20 do 50 mm korak je 2 mm (dobavljivo 22; 24; 26;... 48; 50)*
- *Za nazivne mjere veće od 50 mm korak je 5 mm (dobavljivo je 55; 60; 65; ...110; 115; 120;130; ...)*

Ovo nije sasvim točno, pogotovo za šesterokutne šipke (OK), ali je za potrebe ovog istraživanja zadovoljavajuće rješenje. Služi samo kao prikaz mogućnosti proširene klasifikacije kodnog mjesta BK3, a u komercijalnoj aplikaciji će ionako rješenje biti temeljeno na dijagramu toka prikazanom na slici 47.[O-155]

Izbor karakterističnih izmjera poluproizvoda vrši se na temelju odgovarajućih izmjera 3DM. Prvenstveno se to odnosi na podatke o 3DM:

- *Gabariti 3DM: t120btp polja O3;O6; O9 (F0=GImax; G0=GIs; H0=GImin)*
- *Karakteristične izmjere 3DM (t120btp polja I0=KImax, J0=KImin)*
- *Promjeri opisane i upisane kružnice (t120btp N0 i O0)*
- *Izmjere prolaznih otvora (t129btpGeometrija (T3O; T4O;T5O;T6O)*

Ukoliko se izmjere 3DM ne podudaraju sa dobavljivim izmjerama standardnih poluproizvoda, u pravilu se odbiru poluproizvodi iste vrste, sa dostupnom slijedećom većom vanjskom karakterističnom izmjerom i slijedećom manjom unutarnjom karakterističnom izmjerom.
Npr. za 3DM vanjskog promjera 81 mm, i unutarnjeg promjera 41 mm, odabrala bi se kao polazni materijal cijev 85/40 mm. Tokarenjem se sa 85/40 mogu postići mjere 81/41 mm.

Varijabilne izmjere u pravilu su veće od odgovarajućih izmjera 3DM. Osim limova, ostali poluproizvodi imaju samo jednu varijabilnu izmjeru. Na 3DM to je dužina po osi X (*t120btp/O3*), a kod poluproizvoda je to njegova dužina.
Kod limova je upravo obrnuto, karakteristična izmjera (debljina lima) odnosi se na dužinu 3DM uzduž osi X. Dakle, za pločaste materijale karakteristična izmjera je u .btp definirana poljem *t120btp/O3*, a varijabilne izmjere su definirane poljima *t120btp/O6;O9*.

Dodatak za obradu (i odrez) za ovo istraživanje, autor je odredio na način da je nazivna mjera prve karakteristične izmjera poluproizvodan (BK3_1) kriterij za utvrđivanje vrijednosti dodatka.
I to kako slijedi, za:

- PROFILE (BK3=2)
  - *+4* *BK3_1 ≤120*
  - *+5* *120> BK3_1*
- LIMOVE (BK3=3)
  - *+1* *BK3_1 ≤2*
  - *+2* *2> BK3_1 ≤12*
  - *+10* *12> BK3_1 ≤30*
  - *+15* *30> BK3_1 ≤80*
  - *+20* *80> BK3_1*
- ŠIPKE I CIJEVI (BK3=1;4;5;6;7)
  - *+5* *BK3_1 ≤50*
  - *+7* *50> BK3_1 ≤120*
  - *+8* *120> BK3_1 ≤300*
  - *+10* *300> BK3_1*

```
BK3_4= IF(BK3=8;BK3_4n;
IF(AND(BK3=2;BK3_1≤120);BK3_4n+4;
IF(AND(BK3=2;BK3_1>120);BK3_4n+5;
IF(AND(BK3=3;BK3_1≤2);BK3_4n+1;
IF(AND(BK3=3;2<BK3_1≤12);BK3_4n+2;
IF(AND(BK3=3;12<BK3_1≤30);BK3_4n+10;
IF(AND(BK3=3;30<BK3_1≤80);BK3_4n+15;
IF(AND(BK3=3;BK3_1>80);BK3_4n+20;
IF(AND(BK3_1≤50;OR(BK3=1; BK3=4;
BK3=5; BK3=6; BK3=7));BK3_4n+5;
IF(AND(50<BK3_1≤120;OR(BK3=1; BK3=4;
BK3=5; BK3=6; BK3=7));BK3_4n+7;
IF(AND(120<BK3_1≤300;OR(BK3=1; BK3=4;
BK3=5; BK3=6; BK3=7));BK3_4n+8;
IF(AND(BK3_1>300;OR(BK3=1; BK3=4;
BK3=5; BK3=6; BK3=7));BK3_4n+10;
```

Na temelju ovih preporuka moguće je definirati sve izmjere i masu poluproizvoda.
U nastavku su prikazane jednadžbe za proširenu binarnu klasifikaciju kodnog mjesta BK3.
Svaki element polaznog materijala prvo se određuje na temelju značajki 3DM. Radi se o svojevrsnim neto izmjerama. Zato se u prvom koraku varijable imenuju sa dodatnim malim slovom „n“ na kraju imena. Nakon što se utvrde neto vrijednosti, obzirom na dobavljivost pojedinih karakterističnih izmjera poluproizvoda, utvrđuje se stvarna (bruto) vrijednost pojedine značajke polaznog materijala.

Prva karakteristična izmjera KI1 (mm):
BK3_1n=
IF(BK3=6;J0;IF(BK3<>3;I0;O3))

BK3_1= IF(BK3_1n<20; ROUNDUP(BK3_1n); IF(BK3_1n<50; EVEN (BK3_1n); MROUNDUP(BK3_1n;5;““))

Druga karakteristična izmjera KI2 (mm):
BK3_2n=
IF(BK3=6;I0;IF(OR(BK3=1; BK3=4; BK3=7; BK3=8);J0);““))

BK3_2= IF(BK3_2n<20; ROUNDUP(BK3_1n); IF(BK3_1n<50; EVEN (BK3_1n); MROUNDUP(BK3_1n;5;““))

Treća karakteristična izmjera KI3 (mm):
BK3_3n=
IF(BK3=1;T0; IF(BK3=8;O3;““))

BK3_3= IF(BK3_3n>0; BK3_3n;““)

Prva varijabilna izmjera VI1 (mm):
BK3_4n=
IF(BK3=8;““;IF(BK3=3;I0;O3)

BK3_4=ROUNDUP(f(BK3; BK3_1;BK3_4n)
Sukladno navedenim dodacima za obradu. O-159
Detaljna jednadžba je prikazana na strani 159 u zelenom okviru.

Druga varijabilna izmjera VI2 (mm):
BK3_5n=
IF(BK3=3;J0;““)

BK3_5= ROUNDUP(IF(BK3_5n<=2;J0+1; IF(BK3_5n<=12; J0+2; IF(BK3_5n<=30; J0+10 IF(BK3_5n<=80; J0+15;J0+20))));0)

Masa polaznog materijala (kg/kom):
BK3_6n=

$$K3_6 = Roundup(BK3_{6n} \times BK3_4 \times B5; 2)$$

$$IF(BK3 = 1; 2 \times T0 \times (BK3_1 \times BK3_2 - 2 \times T0); IF(OR(BK3 = 3; BK3 = 7); BK3_1 \times BK3_2; IF(OR(BK3 = 4; BK3 = 5); 0{,}7854 \times (BK3_1^2 - BK3_2^2); IF(BK3 = 6; 0{,}649 \times BK3_2^2); IF(BK3 = 8; E1 \times 1{,}2; ""))))$$

Uokvirene jednadžbe vezane uz karakteristične izmjere rezultiraju pretpostavljeno dobavljivim izmjerama polaznog materijala. Moguće odstupanje pretpostavljeno dobavljivih od u praksi stvarno dobavljivih izmjera poluproizvoda, za ovo istraživanje nije značajno.

Za napomenuti je još jednom da će se u komercijalnoj aplikaciji vrijednosti karakterističnih neto izmjera uspoređivati izravno sa izmjerama „dobavljivih“ poluproizvoda, što znači da prikazane crveno uokvirene jednadžbe vezane uz karakteristične izmjere, neće biti potrebne.
Algoritam će biti napravljen sukladno dijagramu toka prikazanom na slici 47.O-155

U praksi su mogući različiti dodaci za obradu, ali se ovim istraživanjem definirani dodaci za obradu mogu smatrati mjerodavnim za utvrđivanje vrijednosti varijabilnih izmjera. To znači da bi i u komercijalnom softveru mogle vrijediti prikazane zeleno uokvirene jednadžbe vezane uz utvrđivanje varijabilnih izmjera polaznog materijala.

7.4 ULAZNI POSTUPCI – BK4

Četvrtim mjestom binarnog koda izrade, u mOTP, započinje kodiranje elemenata tehnološkog procesa koji se odnose na potreban rad za ostvarenje izratka.

U skupinu ulaznih postupaka svrstani su radni postupci koji su po redoslijedu operacija uobičajeno potrebni na samom početku tehnološkog procesa. To je i razlog što se na nekim mjestima u OTPbp za skupinu ulaznih postupaka koristi i naziv „PREDOBRADE".
Ulazni postupci u mOTP podijeljeni su u tri skupine, i to:

- ODREZIVANJE
  - *Za pločaste materijale, može se raditi o tehnološkim postupcima odrezivanja koji pripadaju različitim vrstama obrada (odsijecanje, rezanje mlazom, ...)*
  - *Za ostale standardne poluproizvode uglavnom se odrezivanje odnosi na tehnološki postupak piljenja. I to na strojevima koji kao alat koriste tračne pile, po čemu su i dobili naziv.*
- BRAVARIJA
  - *Bravarski postupci u pravilu su potrebni pri izradi dijelova čiji je osnovni oblik ili profilni, ili prostorni, ili limeni.*
  - *Uglavnom postupci za koje se koriste univerzalni alati i aparati, ili strojevi za obradu deformiranjem sa standardnim alatima*
- POSEBNI POSTUPCI
  - *Tehnološki postupci koji su posebno prilagođeni za obradu ploha točno određenih oblika*
  - *Utori, profili i ožljebljenja osnovne su vrste unutarnjih ploha za ostvarenje kojih je primjereno koristiti posebne obrade.*

Tablica 41 BK4: ulazni postupci - kombinacije elemenata [0]

otp: BK4 – PREDOBRADE ID	Oznaka	Naziv	REZ BRA POS Kod BK4 PREDOBRADE
1	0	BEZ PREDOBRADE	0 0 0 / 000
2	1	REZANJE	1 0 0 / 100
3	2	BRAVARIJA	0 1 0 / 010
4	3	POSEBNE OBRADE	0 0 1 / 001
5	4	REZANJE I BRAVARIJA	1 1 0 / 110
6	5	REZANJE I POSEBNE OBRADE	1 0 1 / 101
7	6	BRAVARIJA I POSEBNE OBRADE	0 1 1 / 011
8	7	SVE TRI PREDOBRADE	1 1 1 / 111
9	8	NEDEFINIRANA PREDOBRADA	2 2 2 / 222

Za OTPbk kodno mjesto BK4 utvrđuje se na temelju svake od 3 skupine radnih postupaka. U tablici 41 prikazani su međusobni odnosi postupaka odrezivanja, bravarije i posebnih postupaka, obzirom na vrijednost kodnog mjesta BK4.
Dakle, potrebno je prethodno kodirati svaki od navedenih radnih postupka. Utvrđivanje potrebnosti, ili ne potrebnosti pojedinog radnog postupka u tehnološkom procesu temelji se na različitim podacima i uvjetima.

U mOTP, iz tog razloga, napravljena je dodatna podjela binarnog koda BK4 obzirom na obuhvaćene radne postupke koje taj kod predstavlja:

- BK4_1 ODREZIVANJE
- BK4_2 BRAVARIJA
- BK4_3 POSEBNI POSTUPCI

Ako se poznaje pojedinačni kod obuhvaćenih radnih postupaka, lako je napraviti algoritam za njihov zajednički kod koji je predstavljen kodnim mjestom BK4. Radi se o 8 mogućih kombinacija, koje se mogu ugraditi u jedan izraz u upitu OTPbp. Sukladno prikazanim uvjetima u tablici 41.

U nastavku ove točke opisani su algoritmi za kodiranje pojedinih ulaznih postupaka, kao dijela OTPbk, i to kodnog mjesta 4 (BK4).

7.4.1 Odrezivanje – BK4_1

Postupak odrezivanja u praksi je toliko čest, da je lakše odrediti slučajeve u kojima odrezivanje nije potrebno, nego slučajeve kada je odrezivanje potrebno.
Iz tog razloga u mOTP se može pretpostaviti da je odrezivanje potrebno u svim slučajevima, izuzev kada je:

- BK1>0
  - *Znači da postoji primarni proces (veće od 0 se odnosi na oznaku na ekranu, a ne na ID)*
  - *Kod odljevaka je jasno da nema odrezivanja*
  - *Kod deformiranja je odrezivanje sirovca sastavni dio operacije deformiranja*
  - *Kod spajanja (zavarivanja) postoji odrezivanje svakog elementa sklopa, ali se operacija odrezivanja veže sa svakom pozicijom, a ne sklopom kao cjelinom*
- BK3=4, ILI BK3=5, ILI BK3=6
  - *plus dodatni kriterij vezan uz prvu karakterističnu izmjeru poluproizvoda.*
  - *Odrezivanje okruglih cijevi šipki, kao i šesterokutnih šipki, može se odrezivati i u operaciji tokarenja*

U ovim slučajevima potrebno je definirati i dodatne kriterije, vezano uz realnu mogućnost odrezivanja na tokarskom stroju.
Ograničavajući čimbenici su promjer prolazne rupe kroz vreteno (da bi se materijal uopće mogao provući do noža), kao i masa izratka (da se ne ošteti sam stroj uslijed pada komada nakon odreza), te i duljina izratka, odnosno odnos duljine i promjera izratka (stabilnost sustava stroj-alat- izradak).
U tablici 42 prikazane su iskustvene granične vrijednosti parametara unutar kojih je odrezivanje moguće izvesti u sklopu operacije tokarenja u tehnološkom procesu. Intervali su definirani izrazom „manje ili jednako od“ navedenih vrijednosti u tablici.

Tablica 42 *Ograničenja vezana uz odrezivanje na tokarskom stroju* *[0]*

Redni broj	Interval nazivnih mjera	BK3=4 (šipka)		BK3=5 (cijev)		BK3=6 (OK)	
		ϕ	L	ϕ	L	OK	L
1	Često	30	150	50	200	34	150
2	Uobičajeno	50	100	75	150	50	120
3	Rijetko	100	75	100	120	75	100

Ovisno o vrsti poluproizvoda karakteristična izmjera (promjer ili OK) se ograničava na do 100 mm, a varijabilna (duljina L) do 200 mm.

Uvjeti kvalifikacije postupka odrezivanja u binarnom kodu mOTP su:

- BK4_1=0
  - *Ukoliko je BK1>0*
    ili
  - *Oblik i izmjere 3DM sukladno vrijednostima u tablici 42*
- BK4_1=1
  - *U svim ostalim slučajevima*

Algoritam se temelji isključivo na podacima o prethodnim binarnim kodnim mjestima, i odabranim podacima iz .btp, a može se prikazati kao kod u standardnom zapisu MS Excel, kao:
BK4_1=
IF(BK1>0;0;IF(AND(BK3=4;N0≤30;O3≤150);0;IF(AND(BK3=4;N0≤50;O3≤100);0;
IF(AND(BK3=4;N0≤100;O3≤75);0; IF(AND(BK3=5;N0≤50;O3≤200);0;
IF(AND(BK3=5;N0≤75;O3≤150);0;IF(AND(BK3=5;N0≤100;O3≤120);0;
IF(AND(BK3=6;N0≤34;O3≤150);0; IF(AND(BK3=6;N0≤50;O3≤120);0;
IF(AND(BK3=6;N0≤75;O3≤100);0;1)))))))))) …….…... (J-09)

7.4.2 Bravarija – BK4_2

Bravarski postupci općenito su potrebni ako se u primarnom procesu koristi spajanje, odnosno je polazni materijal npr. zavareni sklop.
Pri tome se aktivnosti vezane uz spajanje kao dio primarnog procesa ne ubrajaju u bravarske postupke, ali se pretpostavlja da će u daljnjem tehnološkom postupku biti potreban postupak rada koji obuhvaća barem ručnu doradu prije, ili nakon obrade odvajanje čestica. Obično se radi o dijelovima većih gabarita, kod kojih je potrebno ručno skidanje srha, skošenja bridova, ili slične radne operacije.

Pretpostavka je da se kod ovih vrsta izradaka prvenstveno radi o bravarskim proizvodima, gdje se obrada odvajanjem čestica svodi na uglavnom bušenje i po potrebi glodanje. Budući je polazni materijal standardni profil ili lim, ne radi se o primarnom procesu koji bi obuhvatio deformiranje ili spajanje, nego se te operacije smatraju postupcima rada.

Za napomenuti je da se ovdje radi o uglavnom pojedinačnim pozicijama, koje kasnije mogu biti dio nekog sklopa, a koje se prije toga bravarski obrađuju, npr. savijanje cijevi za rukohvat ograde.
Kao što je već ranije rečeno, u slučaju kada bi se radilo o 3DM tipa sklop, iz podatka o modulu 3DS kojim je 3DM kreiran (New/Type/Assembly) to odmah podrazumijeva da se radi o primarnom procesu spajanjem.

Potreba za radnim postupcima iz skupine bravarskih postupaka je u slučajevima kada je:

- K1=5
  - *Znači da se radi o zavarenom sklopu, pa su potrebni i naknadni bravarski radovi*
  - *Za ovo istraživanje to će biti rijedak slučaj*
  - *Navedeno je samo zbog naznake mogućih daljnjih istraživanja*
- BK3<3
  - *Znači da se radi o potrebnoj bravarskoj doradi nakon rezanja i, ili spajanja profila (BK3=1, ili BK3=2)*
  - *Znači da se radi bravarskoj doradi nakon rezanja limova, ili eventualno „limariji“ (BK3=3)*

U uvjete je mogao biti ubrojen i podatak o osnovnom obliku izratka (K2), ali je taj uvjet već sadržan u uvjetu za definiranje BK3, pa nije nužno potreban.
Uvjet vezan uz podatak o vrsti proizvoda, mogao je biti izostavljen u ovom istraživanju, budući se i on temelji na gabaritima 3DM, ali je ipak ostavljen zbog općenitosti rješenja.

Uvjeti kvalifikacije bravarskih postupaka u binarnom kodu mOTP su:

- BK4_2=1
  - *Ukoliko je K1=5*
    Ili
  - *BK3<3*
- BK4_2=0
  - *U svim ostalim slučajevima*

Algoritam se temelji uglavnom na podatku o izabranom polaznom materijalu, poluproizvodu (BK), a u standardnom zapisu izraza u MS Excel se može prikazati kao:
BK4_2=
IF(K1=5;1;IF(BK3<3;1;0)) …….……...……..……. (J-10)

7.4.3 Posebni postupci – BK4_3

Skupinu posebnih obrada čine tehnološki postupci koji su posebno prilagođeni za obradu točno određenih oblika, ploha na izratku. Iako bi se te plohe na izratku mogle u velikom broju slučajeva ostvariti i korištenjem osnovnih obrada, primjena posebno prilagođenih tehnoloških postupaka je primjerenija obzirom na kriterije kvalitete i točnosti ploha, ali i obzirom na ekonomske kriterije.

U binarnoj klasifikaciji se ne definiraju tehnološki postupci, nego samo skupina, ali se potreba za skupinom definira na temelju unutarnjeg oblika izratka. Utori, profili i ožljebljenja osnovne su vrste unutarnjih ploha za koje ostvarenje kojih je primjereno koristiti posebne obrade.
Od dostupnih tehnoloških postupaka iz skupine posebnih obrada, primjereni postupci za izradu ovih ploha su dubljenje (slijep utori), provlačenje (prolazni utori) i erodiranje elektrodom (uglavnom za termički obrađene izratke, dijelove specijalnih alata, npr. alati za injekcijsko brizganje polimera).

Kod binarne metode prvenstveno se analizira potreba za izradom unutarnjih utora ili profila postupcima dubljenja i provlačenja. Dekadskom klasifikacijom mogu se uključiti i ostale posebne obrade, kao što je npr. valjanje navoja. Vanjski navoji se mogu ostvariti osnovnim obradama, ali se za specifične uvjete i odgovarajuće količine valjanje navoja pokazuje kao efikasniji, pa time i isplativiji postupak.

Uvjeti kvalifikacije posebnih postupaka u binarnom kodu mOTP su:

- BK4_3=1
  - *Ukoliko je ili K3= 4 ili K3=5 ili K3=8 ili K3=9*
- BK4_3=0
  - *U svim ostalim slučajevima*

Definirano je da potreba za posebnim postupcima postoji samo u slučajevima kad na 3DM postoje unutarnji utori ili profili, i to

- PROLAZNI
  - *K3=4, ili K3=5*
  - *Za prolazne plohe mogući su postupci dubljenja i provlačenja*
- NEPROLAZNI
  - *K3=8 ili K3=9*
  - *Za neprolazne (slijepe) plohe moguć je postupak dubljenja*

Vidljivo je da je na temelju kriterija unutarnjeg oblika izratka (K3) moguće razlučiti potrebu za dubljenjem od potrebe za provlačenjem. Provlačenje bi bilo moguće i za izratke sa vanjskim utorima ili profilima, ali se u ovom radu to ne istražuje, jer se pretpostavlja da će se to ostvarivati glodanjem, ili nekim od dodatnih postupaka.

Ipak, budući su u binarnoj klasifikaciji moguća samo stanja 0 i 1, to se ne može eksplicitno iskazati u binarnom kodu, pa ostaje samo podatak o općenito potrebnom (nekom od) tehnološkom postupku iz skupine posebnih postupaka.

Algoritam se dakle temelji isključivo na podatku u trećem kodnom mjestu OTPk (K3), a može se kao kod u standardnom zapisu MS Excel, prikazati kao:
BK4_3=
IF(OR(K3=4;K3=5;K3=8;K3=9);1;0) …… (J-11)

7.5 OSNOVNI POSTUPCI – BK5

Tokarenje, kao osnovni tehnološki postupak za izradu rotacijskih ploha, bušenje kao osnovni tehnološki postupaka za izradu unutarnjih rotacijskih površina (rupa) i glodanje kao osnovni tehnološki postupak za izradu ravnih ploha, osnovni su tehnološki postupci.
Sva tri navedena tehnološka postupka dio su obrade odvajanjem čestica. Njihovom kombinacijom kao operacija u tehnološkom procesu moguće je ostvariti gotovo svaki oblik izratka.

U mOTP, poglavito u binarnoj klasifikaciji, definira se potreba za svakim od navedenih osnovnih postupaka, ne ovisno da li bi se oni mogli raditi na istom radnom mjestu (stroju).
Izuzetak je bušenje provrta u osi rotacijskog izratka, za što se uobičajeno smatra da je sastavni dio operacije tokarenja.
U pravilu se takvi izradci ionako trebaju tokariti, pa je praktično da se u istoj operaciji izvrši i bušenje na tokarskom stroju. U suprotnom bi u tehnološki proces bilo potrebno uz operaciju tokarenja dodati i operaciju bušenja na bušilici.
Svaka nepotrebna operacija u tehnološkom procesu uzrokuje povećane troškove izrade. Samo vrijeme bušenja može biti jednako i na tokarskom stroju i na bušilici, ali se izbjegavaju pripremno-završna vremena koja bi bila potrebna za dodatnu operaciju bušenja. Zbog toga je sa stajališta optimalizacije tehnološkog procesa potrebno o tome voditi računa.
Dakle, u posebnom slučaju, kada se buše samo rupe u centru rotacijskog komada može se postupak bušenja izostaviti iz tehnološkog procesa, ali se podrazumijeva da je bušenje sadržano u operaciji tokarenja.

Varijantnost odnosa tokarenja i bušenja otežava binarnu klasifikaciju, jer je potrebno dodatno voditi računa o položaju rupa na izratku.
Obzirom na sličnost tehnoloških postupaka bušenja i glodanja, gledajući zahtjeve na stroj moguće je da se bušenje bilo kojih rupa, na bilo kojem mjestu na izratku napravi i operacijom glodanja. Bušenje je jednostavnija verzija glodanja – alat putuje samo u dubinu izratka.

Međutim, u mOTP tijekom binarne klasifikacije se nikada bušenje i glodanje ne spajaju u jednu operaciju (glodanja). To je iz razloga da se tehnološki proces općenito učini pregledniji.
Naime, mogući su izradci u kojima prevladava potreba za bušenjem, kao i izradci za koje bušenje uopće nije potrebno. U OTPbk bi u oba slučaja bilo zapisano da je potrebno samo glodanje.
U krajnjem slučaju, kada bi se potreba za izradom rupa gledala isključivo sa stajališta stroja na kojem se one buše, vrlo izgledno bi se moglo desiti da bi bušenje kao posebna operacija gotovo mogla nestati iz tehnoloških procesa.

U nastavku ove točke opisani su algoritmi za kodiranje pojedinih osnovnih postupaka, kao dijela zajedničkog kodnog mjesta BK5:

- BK5_1 – TOKARENJE
- BK5_2 – BUŠENJE
- BK5_3 – GLODANJE

Tablica 43 BK5: osnovni postupci - kombinacije elemenata [0]

otp_BK5 - OSNOVNE OBRADE ID	Oznaka	Naziv	TOK	BUŠ	GLO	Kod BK5 OSNOVNE
1	0	BEZ OSNOVNE OBRADE	0	0	0	000
2	1	TOKARENJE	1	0	0	100
3	2	BUŠENJE	0	1	0	010
4	3	GLODANJE	0	0	1	001
5	4	TOKARENJE I BUŠENJE	1	1	0	110
6	5	TOKARENJE I GLODANJE	1	0	1	101
7	6	BUŠENJE I GLODANJE	0	1	1	011
8	7	SVE TRI OSNOVNE OBRADE	1	1	1	111
9	8	NEDEDFINIRANA OSNOVNA OBRADA	2	2	2	222

7.5.1 Tokarenje – BK5_1

Utvrđivanje potrebe za tokarenjem u tehnološkom procesu, određuje se na temelju oblika 3DM. Pri tome su značajni i vanjski i unutarnji oblik.

Za postizanje rotacijskog izratka nejednolikog uzdužnog oblika uglavnom je potrebna operacija tokarenja.
Tokarenje je potrebno i u slučaju kada se radi o jednolikom uzdužnom obliku, ali je nazivna mjera izratka različita od nazivnih mjera dostupnih okruglih šipki.
Čak i ako postoji okrugla šipka nazivne mjere izratka jednolikog uzdužnog oblika, ali je hrapavost površine ili preciznost izrade visoka, i tada je potrebna operacija tokarenja. Uobičajeno se tada koristi materijal prvog većeg promjera i tokarenjem, po potrebi kasnije i brušenjem, ostvaruje se površina u traženoj finoći površine unutar zadanog tolerancijskog polja. Dakle, za rotacijske pune oblike gotovo uvijek će biti potrebno tokarenje.

Sličan je slučaj i kod šesterokutnih oblika, pri čemu je uvjet da se radi ili o nejednolikom uzdužnom obliku, ili o unutrašnjem obliku različitom od punog. Uobičajeni su proizvodi kod kojih je šesterokut najveća površina koja služi za stezanje viljuškastim ili „okastim“ ključevima, ili „gedorama“ u montaži, a ostale površine su rotacijske, glatke ili navojne. Vrlo često su na izratku prisutne i unutarnje rotacijske površine, opet glatke ili navojne.

Skupina kombiniranih oblika ime je dobila upravo po tome da se sastoje od pravokutnih i rotacijskih uzdužnih površina. Da bi se postigao ovaj oblik potrebni su osnovni postupci tokarenja i glodanja. Tokarenje je uvijek potrebno za ovaj oblik.

Dakle, tokarenje je potrebno samo za rotacijske, šesterokutne i kombinirane oblike, i to u svim slučajevima a kombiniranih oblika.
U slučajevima šesterokutnih oblika, koji imaju vanjske ili unutarnje rotacijske površine sa središtem u osi X.
Za rotacijske oblike uvijek izuzev u slučajevima kada se i vanjski i unutarnji promjer poklapaju sa promjerima standardnih poluproizvoda. To se može zaključiti usporedbom promjera opisane kružnice sa karakterističnim izmjerama odabranog poluproizvoda. Vanjski promjer uspoređuje se sa prvom karakterističnom izmjerom, a unutarnji promjer sa drugom karakterističnom izmjerom. Druga karakteristična izmjera je potrebna za okrugle cijevi i predstavlja unutarnji promjer cijevi.

Uvjeti kvalifikacije tokarenja u OTPbk su:

- K2 – VANJSKI OBLIK
  - *K2=5 →1*
  - *(K2=2; K2=3;) →1* *tokarenje je potrebno uz dodatno ispunjene uvjete*
  - *K2 =1; K2=4;K2>5 →0* *tokarenje nije potrebno*
- K4 – UZDUŽNI OBLIK
  - *K4>0 →1* *vrijedi za rotacijske i šesterokutne oblike*

Algoritam se temelji na podacima o obliku 3DM (K2;K3;K4) i izmjerama 3DM i poluproizvoda, a može se kao kod u standardnom zapisu MS Excel, prikazati kao:

```
BK5_1=
IF(K2=5;1;
IF(AND(K4>0;OR(K2=2;K2=3));1;
IF(AND(K4=0;K2=2;K3=0;BK3_1<>N0);1;
IF(AND(K4=0;K2=2;K3>0;OR(BK3_1<>N0;BK3_2<>O0));1;0))))  …….....…  (J-12)
```

7.5.2 Bušenje – BK5_2

Bušenje je postupak kojim se ostvaruju isključivo rotacijske unutarnje plohe na izratku. U mOTP se za takve plohe koristi termin „RUPA“, dok se za ostale prolazne oblike na 3DM koristi termin „OTVOR“.
Ukoliko se radi o bušenju na određenu dubinu u izradak, govori se o „SLIJEPOJ RUPI“. Značajka slijepe rupe je da uz okruglu plohu ima i konusnu plohu, ili čak i ravnu okruglu plohu, kao završetak rupe. Okrugla ravna ploha nastala bušenjem na određenu dubinu se ne smatra ravnom plohom u smislu da bi za nju bilo potrebno glodanje.

Poseban slučaj rotacijskih unutarnjih ploha su i navojne plohe, a samo urezivanje navoja ubraja se isto u skupinu radnih postupaka bušenja. Štoviše, ukoliko navojna ploha nije sa središtem u osi X to je dovoljan uvjet na temelju kojeg se može zaključiti da je bušenje potrebno kao operacija u tehnološkom procesu. Podatak o postojanju unutarnjih navoja na 3DM nalazi se izravno u .btp, i to u polju L9 (*OTPbp/t120btp/L9*).

Obzirom na uobičajeni način modeliranja, postojanje rupa na 3DM, najlakše bi se moglo utvrditi „prebrojavanjem“ broja značajki 3DM koji su nastali alatom za izradu rupa (Hole). Međutim, rupe se mogu dodati u 3DM i alatom za izvlačenje (Extrude), pa broj značajki stvorenih alatom za rupe nije egzaktan podatak. Može se desiti da konstruktor ni jednu rupu na 3DM ne stvori tim alatom za rupe. Iako ne postojanje značajki nastalih alatom za rupe ne znači da rupa na 3DM nema, postojanje takvih značajki u 3DM sasvim sigurno ukazuje na potrebu za bušenjem. Izuzetak je uzdužna rupa, koja se, na okruglim i šesterokutnim oblicima izradaka, u pravilu ostvaruje tokarenjem.
Ukoliko se rupe na 3DM modeliraju sukladno preporuci modeliranja rupa za mOTP O-060 može se jednoznačno zaključiti o potrebi bušenja samo na temelju podatka o broju značajki nastalih alatom za rupe (Hole).

Detaljnijom analizom mogli bi se u uvjete za zaključivanje dodati i podatke o broju osi koje 3DS automatski dodaje u 3DM. Ovaj podatak nije vezan uz konstruktora, ili način modeliranja pa je stoga pouzdaniji od podatka o broju značajki nastalih alatom za rupe. Potrebno je samo razlučiti osi koje se odnose na oduzimanje materijala od osi koje se odnose na dodavanje materijala izvlačenjem.

Uvjeti kvalifikacije bušenja u OTPbk su:

- N5 – BROJ RUPA
  - *N7>0 →1*

    zapravo se radi o podatku o broju značajki nastalih alatom za rupe (Hole) Zbog mogućnosti umnožavanja (alati Mirror, ili Pattern) iste rupe, ukupni broj rupa na 3DM može biti veći od podatka u polju N5.
- L9 – UNUTARNJE NAVOJNE PLOHE
  - *L9>2→1*

    Pretpostavka (ograničenje) zaključivanja je da je moguće da 3DM može imati uzdužno sa svake strane po jedan unutarnji navoj, koji se za rotacijske ili šesterokutne oblike može izvesti tokarenjem, a ne bušenjem. Zato uvjet „više od dva unutarnja navoja“

Algoritam se uopće ne temelji na obliku, nego isključivo na podacima izravno vezanim uz rupe na 3DM, a može se kao kod u standardnom zapisu MS Excel, prikazati kao:
BK5_2=
IF(AND(BK5_1=0;OR(L9>0;N7>0));1;IF(OR(L9>2;N7>2);1;0) ..... (J-13)

7.5.3 Glodanje – BK5_3

Iako je glodanje prvenstveno namijenjeno za izradu ravnih ploha, obzirom na raznolikost alata za glodanje moguće je glodanjem ostvarivati i plohe različitih profinih oblika.
Uzimajući u obzir i mogućnosti kretanja alata u 3 osi istovremeno, pa još i istovremeno dodatno kretanje obratka može se zaključiti da je glodanjem moguće ostvariti bilo koji oblik izratka.

U praksi se ipak izrada rotacijskih površina vrši tokarenjem, kao produktivnijim postupkom. Iako je osnovni oblik izratka presudan za utvrđivanje potrebnih osnovnih radnih postupaka, za glodanje podatak o vrijednosti K2 sam za sebe nije od prevelike koristi. Za pretpostaviti je da se od OTP osnovnog oblika izratka glodanje neće koristiti jedino kod K2=8 (limeni oblik), koji podrazumijeva obradu deformiranjem. Svi ostali oblici mogu u različitim svojim varijantama trebati glodanje kao radni postupak.

Iz tog razloga se potreba za glodanjem utvrđuje u pravilu na temelju složenog uvjeta, koji uključuje više značajki 3DM. Pri tome nije jednostavnije odrediti slučajeve u kojima glodanje nije potrebno, u odnosu na slučajeve kad nije potrebno. Iz tog razloga se jednadžba za utvrđivanje potrebe za glodanjem sastoji od obje vrste uvjeta. I onih koji potvrđuju potrebu za glodanjem, ali i onih koji odbacuju potrebu za glodanjem.
Na temelju .btp mogu se analizirati različiti (ciljani) slučajevi 3DM obzirom na potrebu za glodanjem, što je posebno značajno za dekadsku klasifikaciju. U ovom istraživanju definirani su uvjeti za češće slučajeve izradaka u praksi.

Analizirani su potrebni tehnološki procesi obzirom na osnovni oblik 3DM (K2). Pri tome su za svaki od osnovnih oblika 3DM napravljene jednadžbe koje uključuju potrebu za glodanjem i jednadžbe koje isključuju potrebu za glodanjem.
Uz uobičajeno dva stanja binarnog kodiranja, kod glodanja je ostavljena mogućnost i trećeg stanja. Rezultat „0“ znači da nema potrebe za glodanjem, a rezultat „1“ označava da ima potreba za glodanjem.
Treće moguće stanje je da se potreba za glodanjem ne može odrediti ni po jednom od uvjeta uključenih u jednadžbu za binarno kodiranje trećeg elementa iz skupine osnovnih postupaka (BK5_1). U tom slučaju je rezultat jednadžbe „2“, što znači da mOTP nije utvrđena vrijednost BK5_1 za konkretni 3DM.

Vrijednost BK5_1=2 bio bi interni podatak u mOTP, koji bi služio kao „okidač“ za pokretanje postupka kojim bi se signaliziralo tehnologu da je potrebno da on dodatno provjeri taj izradak. Odnosno, informacija da mOTP nije u potpunosti izvršila tehnološku klasifikaciju.
Međutim, još je važniji ovaj podatak u daljnjem razvoju mOTP. Kada se naiđe na takvu kombinaciju značajki 3DM koji ne bi bili obuhvaćeni postojećim uvjetima u algoritmu, bio bi to signal istraživačima, da je potrebno dodatno istražiti signalizirani 3DM.
Dodatno istraživanje znači da će se pronaći odgovarajući skup uvjeta kojim bi se nadogradio postojeći algoritam.
Cilj je mOTP koja bi imala toliko ugrađenih uvjeta, da se u konačnici nikada ne javi problem nepotpunosti klasifikacije.
Vrijednost BK5_3=2 u konačnici nije prihvatljiv rezultat binarne klasifikacije u mOTP.

Iako to nije spominjano kod ranijih kodnih mjesta OTbk, ovaj pristup se može, i treba primijeniti na sve elemente iz binarnog koda izrade. To se nije ranije spominjalo zbog relativne jednostavnosti u razlučivanju potrebe od ne potrebe za pojedinim radnim postupcima.
Ovdje se to spominje prvenstveno kao smjernica kako je moguće otklanjati ograničenja mOTP tijekom njenog daljnjeg razvoja.

Dodatni uvjeti temelje se na slijedećim značajkama 3DM:

- OTPK_N – KODNA MJESTA OTPK
  - *K2* *osnovni oblik*
  - *K3* *unutarnji oblik*
  - *K4* *uzdužni oblik*
  - *K5* *poprečni presjek*
  - *K13* *preciznost*
- BK3_n - IZMJERE POLAZNOG MATERIJALA
  - *BK3_1* *prva karakteristična izmjera (uvijek potrebna)*
  - *BK3_2* *druga karakteristična izmjera (za pravokutnike)*
  - *BK3_3* *treća karakteristična izmjera (za profile)*
- *t120btp* - TABLICA ZAJEDNIČKIH PODATAKA .btp
  - *B9* *zahtjev skošenja bridova*
  - *N7* *broj rupa*
  - *N8* *broj skošenja*
  - *N9* *broj zaobljenja*
- *t129btpGeometrija* - TABLICA GEOMETRIJSKIH PODATAKA .btp
  - *T2C; T3C;…* *karakteristične izmjere maksimalnog vanjskog oblika presjeka*
  - *T1H;T5H; T6H* *broj osnovnih presjeka*
  - *T1I; T2I; T9I* *broj potpunih vanjskih oblika presjeka*
  - *T1J; T2J, T3J;…* *broj krnjih (nepotpunih)vanjskih presjeka*

Obzirom na redoslijed provjere uvjeta, prvo se provjeravaju uvjeti za slučajeve kada nema potrebe za glodanjem kao operacijom u tehnološkom procesu.
Nakon toga se uvjeti koji rezultiraju potrebom za glodanjem mogu izvršavati bez propisanog redoslijeda.
Čim se ispuni neki od uvjeta, podrazumijeva se da je glodanje u tehnološkom procesu potrebno.
U slučaju da je konačni rezultat, kao što je već spomenuto jednako 2, potrebno je dodati novi uvjet u jednadžbu, kako bi se ubuduće izbjegao ovaj neprihvatljivi rezultat.

Algoritam sa uključenim uvjetima kreiranim za najučestalije moguće slučajeve izradaka, kao kod u standardnom zapisu MS Excel je:

```
BK5_3=
IF(K2=8;0;
IF(AND(K2=7;K13<4);0;
IF(AND(K2=6;K4=0;BK3_1=T4C;BK3_2=T5C;BK3_3=T6C);0;
IF(AND(OR(K2=5;K2=4);BK3_1=T5C;BK3_2=T6C; K4=0;T2J=0);0;
IF(AND(K2=3;BK3_1=T3C;K4=0;T3J=0;0;
IF(AND(K2=2;T9J=0;T0J=0;T1H=T2H);0;
IF(AND(K2=1;K13<5;BK3_1=T5C;BK3_2=T6C;OR(K4=0;K4=3));0;
IF(AND(K2=7;K13>3;T2C=0);1;
IF(AND(K2=6;K4=0;OR(BK3_1<>T4C;BK3_2<>T5C;BK3_3<>T6C);1;
IF(AND(K2=6;K4<>0);1;
IF(AND(OR(K2=5;K2=4);OR(BK3_1<>T5C;BK3_2<>T6C));1;
IF(AND(K2=4;OR(K4<>0;T1J>0));1;
IF(AND(K2=3; BK3_1<>T3C);1;
IF(AND(K2=2;OR(T0J>0;(T1J-T2J)>0;(T1I-T2I)>0));1
IF(AND(K2=2;K3>0;K4=0;OR(BK3_1<>N0;BK3_2<>O0));1
IF(AND(N7=0;OR(K2=1;K2=4);OR(B9>7;N8>0;N9>0));1;2))
```

Nekoliko uvjeta za: glodanje **NIJE** potrebno

Nekoliko uvjeta za: glodanje **JE** potrebno

…… (J-14)

7.6 IZLAZNI POSTUPCI – BK6

Zadnje kodno mjesto u binarnom kodu izrade odnosi se na radne postupke koji su po redoslijedu operacija uobičajeno potrebni na samom kraju tehnološkog procesa. Štoviše, neki od njih obično nisu ni sadržani u planiranim tehnološkim procesima u praksi.

Izlazni postupci u mOTP podijeljeni su u tri skupine, i to:

- FINI POSTUPCI
  - *Postupci čija je svrha nije postizanje oblika izratka, nego prvenstveno finoće površine i točnosti mjera*
  - *Uglavnom postupci brušenja*
- DODATNI POSTUPCI
  - *Postupci koji se rijetko koriste u tehnološkim procesima, a svrstani su u posebnu skupinu iz razloga da budu vidljivi u tehnološkom procesu kada za njima postoji potreba.*
  - *Radi se o vrlo finim postupcima, finijim od brušenja*
  - *Postupci vezani uz izradu ozubljenja, uključujući i brušenje zubiju, također su dio ove skupine*
  - *U ovu skupinu moguće je dodavati i nove postupke (u odgovarajućoj tablici u OTPbp, postoje 3 slobodna mjesta)*
- ZAVRŠNI POSTUPCI
  - *Postupci čija svrha uglavnom nije promjena značajki samog izratka*
  - *Ručna dorada, čija svrha je popravak izratka*
  - *Kontrola, čija je svrha provjera stanja izratka*
  - *Pakiranje, čija svrha je očuvanje stanja izratka*

Tablica 44 BK6: izlazni postupci - kombinacije elemenata [0]

ID	Oznaka	Naziv	FIN Kod BK6 ZAVRŠNE	DOD Kod BK6 ZAVRŠNE	ZAV Kod BK6 ZAVRŠNE
1	0	BEZ IZLAZNIH OBRADA	0	0	0
			000		
2	1	FINE OBRADE	1	0	0
			100		
3	2	DODATNE OBRADE	0	1	0
			010		
4	3	ZAVRŠNE OBRADE	0	0	1
			001		
5	4	FINE OBRADE I DODATNE OBRADE	1	1	0
			110		
6	5	FINE OBRADE I ZAVRŠNE OBRADE	1	0	1
			101		
7	6	DODATNE I ZAVRŠNE OBRADE	0	1	1
			011		
8	7	SVE TRI IZLAZNE OBRADE	1	1	1
			111		
9	8	NEDEFINIRANA IZLAZNA OBRADA	2	2	2
			222		

Najznačajnija skupina radnih postupaka ovog kodnog mjesta binarnog koda je upravo ona koja se odnosi na brušenje. To je iz razloga što je to postupak koji se često pojavljuje u tehnološkim procesima, a njegov trošak je moguće i potrebno izravno vezati sa izratkom.

Iako rijetko zastupljeni u tehnološkim procesima, postupci iz skupine dodatnih postupaka značajni su zbog činjenice da u pravilu sudjeluju sa velikim udjelom troškova u ukupnom trošku izrade. Razlog je to da ih se nikako ne bi smjelo ispustiti iz vida, odnosno da bi se ti troškovi obavezno trebali izravno vezati na izradak

Postupci iz skupine završnih postupaka, gotovo u pravilu su potrebni, tako da se uobičajeno ni ne naznačuju posebno u tehnološkom procesu, već se smatraju dijelom zajedničkih troškova, kao npr. transportni troškovi. Međutim, za pojedine vrste izradaka bilo bi uputno ugraditi ih kao operaciju u tehnološki proces.

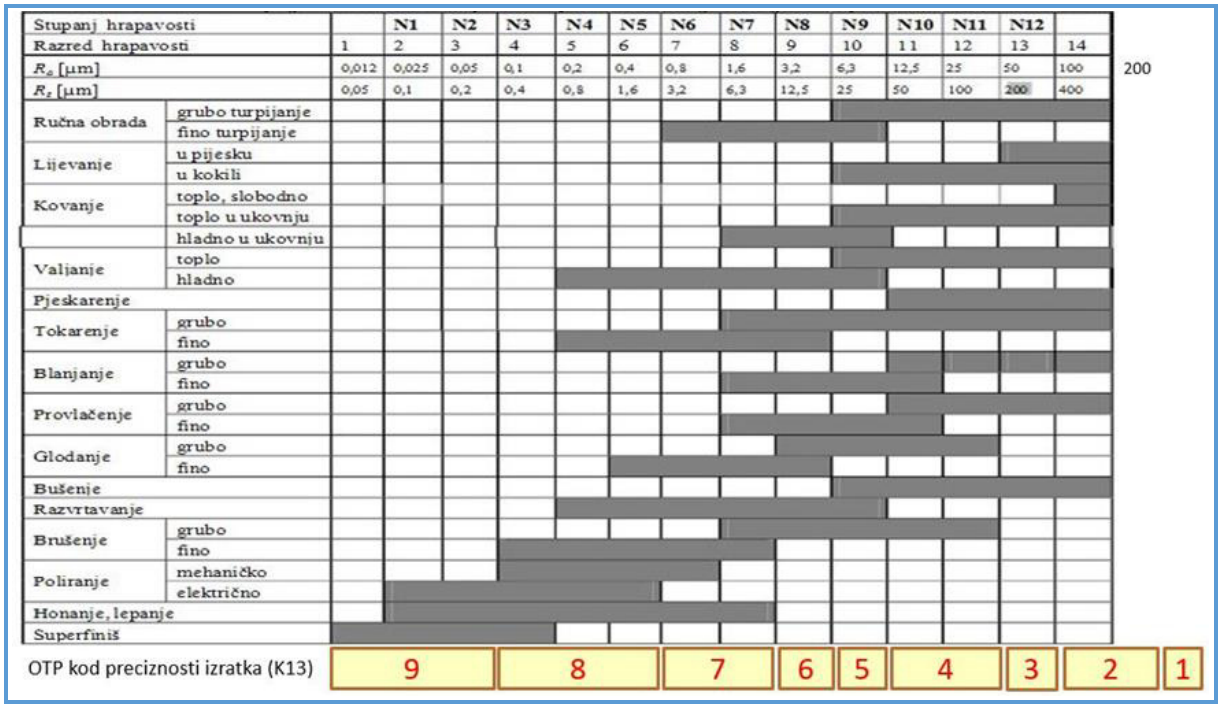
U mOTP, iz tog razloga, napravljena je dodatna podjela binarnog koda BK6 obzirom na obuhvaćene radne postupke, koje taj kod predstavlja:

- BK6_1 FINI POSTUPCI
- BK6_2 DODATNI POSTUPCI
- BK6_3 ZAVRŠNI POSTUPCI

U nastavku ove točke opisani su algoritmi za kodiranje pojedinih izlaznih postupaka, kao dijela binarnog koda BK6.

7.6.1 Fini postupci – BK6_1

Ova skupina postupaka mogla se za ovo istraživanje nazvati i „BRUŠENJE“, budući su u nju svrstani isključivo različiti postupci brušenja. Postupci još finiji od brušenja, npr. honanje ili poliranje, svrstani su u skupinu dodatnih postupaka.
Ipak, zbog mogućnosti naknadnih dodavanja, eventualno i nekih drugih tehnoloških postupaka ova skupina je općenito imenovana „FINI POSTUPCI“.
Sam naziv upućuje da se radi o skupini radnih postupaka kojima je prvenstvena svrha postizanje finoće površine, posljedično tome i točnosti mjera. Poznato je da između hrapavosti površine, kojom se definira finoća (glatkost) površine, i tolerancije odstupanja od nazivnih mjera postoji poprilično čvrsta veza. Uobičajeno se koristi veličina ekvivalent hrapavosti, prema kojem se u brojnoj literaturi navode mogućnosti pojedinih tehnoloških postupaka. Na slici 48 uobičajeni prikaz odnosa hrapavosti površina i tehnoloških postupaka iz više izvora, dopunjen je sa vrijednostima kodnog mjesta K13 OTPk.



Slika 48 Mogućnosti tehnoloških postupaka obzirom na hrapavost površina [0]

Definiranje potrebe za finim radnim postupcima svodi se na utvrđivanje potrebe za brušenjem. Obzirom da se glede finoće površine ili točnosti mjera mogućnosti pojedinih tehnoloških postupaka preklapaju, ne postoji jednoznačnost odluke na temelju samo jednog kriterija. Konkretno, brušenjem se postižu hrapavosti u uobičajenom intervalu od 1,6 do 0,1 Ra. A 1,6, pa i 0,8 Ra može se postići i tokarenjem.
U mOTP, uz hrapavost površina, za odlučivanje uključeni su i dodatni podaci, a sve skupa je kao preciznost izratka, definirano u kodnom mjestu K13 OTPk, posebno u tablici 36. O-143
U ovom istraživanju odluka o potrebi za finim postupcima temelji se na podacima o preciznosti izratka.

- K13 – PRECIZNOST
  - *K13>7=1*

Algoritam se temelji isključivo na OTPk, i to na kodnom mjestu preciznosti:
BK6_1=
IF(K13>7;1;0) …… (J-15)

7.6.2 Dodatni postupci – BK6_2

U praksi je potrebno proizvoditi izratke različitih složenosti. Zavisno o složenosti izratka razlikuju se i tehnološki procesi, prvenstveno glede potrebnoj broja operacija, ili uključenih tehnoloških postupaka.
Primjer su zupčanici za čiju izradu je potrebno i odrezivanje i tokarenje i glodanje, pa i brušenje. Međutim, za zupčanike je često potrebno izraditi i unutarnji utor za klin, za što je potrebno dubljenje ili provlačenje. Naravno, potrebno je i ozubljivanje koje se može napraviti glodanjem, ili na specijaliziranim strojevima koji služe isključivo za izradu ozubljenja.

Dakle, u istom tehnološkom procesu mogu biti zastupljeni tehnološki postupci koji se uobičajeno mogu svrstati u istu skupinu postupaka.
Npr. brušenje, honanje, poliranje, svi su oni iz skupine finih obrada. Slično je i sa glodanjem, dubljenjem, ili blanjanjem, svi su oni za izradu prvenstveno ravnih ploha.
Da bi se omogućilo prikazivanje svih potrebnih tehnoloških postupaka kao radnih operacija u tehnološkom procesu, u mOTP je predviđeno 9 osnovnih skupina radnih postupaka. Od 9 osnovnih skupina formirane su dvije skupine (posebni i dodatni postupci) sa prvenstvenim ciljem da se radni postupci koji se istovremeno mogu pojaviti u tehnološkom procesu razvrstaju u različite osnovne skupine radnih postupaka. O posebnim postupcima je već bilo riječi, a u skupinu dodatnih postupaka se svrstavaju postupci vezani uz izradu ozubljenja, te jako fini postupci.
Na primjer, kada ne bi bilo skupine dodatnih postupaka, iz OTPbk ne bi se mogli razlučiti tehnološki procesi koji sadrže samo brušenje, od onih koji sadrže i brušenje i honanje. Posebno je to značajno pri dekadskoj klasifikaciji kada se koriste parametri točno odabranog radnog postupka, a ne kao u binarnoj gdje se koriste podaci o skupini kao cjelini.

U OTPbp su navedeni predviđeni postupci za svaku od osnovnih skupina radnih postupaka mOTP. Valja napomenuti, da se ove skupine daljnjim istraživanjem mogu dopuniti sa radnim postupcima. Daljnjim istraživanjem potrebno je definirati predviđene detaljne podatke za svaki od radnih postupaka iz osnovne skupine dodatnih postupaka.
Za razliku od postupaka iz skupine posebnih postupaka koji se u redoslijedu operacija uobičajeno pojavljuju u prvoj polovici tehnološkog procesa, postupci iz ove skupine dodatnih postupaka uglavnom se pojavljuju pri kraju tehnološkog procesa. To je ujedno i razlog da je ova skupina radnih postupaka vezana uz zadnju znamenku OTPbk (BK6).

U ovom istraživanju odluka o potrebi za dodatnim postupcima temelji se na podacima o obliku i preciznosti izratka.

- K5 – POPREČNI OBLIK
  - *U dodatne postupke ubrajaju se postupci ozubljivanja*
  - *(K5=4;K5=6;K5=7;K5=8)=1*
- K13 - PRECIZNOST
  - *U dodatne postupke ubrajaju se vrlo fini postupci (honanje, poliranje)*
  - *K13>8=1*

U svim ostalim slučajevima nema potrebe za dodatnim postupcima.

Algoritam se temelji isključivo na OTPk, a može se kao kod u standardnom zapisu MS Excel, prikazati kao:

BK6_2=
IF(K13>8;1;
IF(OR(K5=4;K5=6;K5=7;K5=8);1;0) …… (J-16)

7.6.3 Završni postupci – BK6-3

Završni postupci specifični su po tome da se u pravilu njima ne vrše nikakve značajne promjene na izratku. Izuzetak može biti označavanje proizvoda, koje nije na žalost predviđeno kao potreban podatak u .btp. U praksi se za ovaj postupak uobičajeno koristi izraz signiranje.
Za napomenuti je da bi i signiranje bilo moguće dodati u ovo istraživanje, i to kao parametar koji bi se u 3DM zapisivao iz BTP preko polja B3.
Polje B3 bilo je predviđeno, i još je, za proizvoljni upis oznake kvalitete materijala od strane konstruktora. Međutim, razvojem OTPbp, sve oznake kvalitete materijala bit će predodređene i moći će se izabrati iz polja B4, kao što je i sada slučaj. Polje B3 u BTP praktički ostaje slobodno, i moguće ga je iskoristiti za podatak o potrebi za signiranjem. Štoviše, signiranje je srodno podacima tipa tolerancije slobodnih mjera ili stanja skošenosti bridova, pa se odlično uklapa u skupinu obaveznih parametara.

Uz potrebu dorade gotovih izradaka, koja se u slučajevima serijske proizvodnje može planirati kao sastavni dio tehnološkog procesa, u završne postupke ubrajaju se i kontrola izratka, i pakiranje izradaka. Drugim riječima radi se o pripremi izradaka za isporuku, pri čemu se nastoji osigurati da se isporučuju kvalitetni izradci, te da neoštećeni dođu do kupca.
U praksi su ovi radni postupci rijetko sastavni dio tehnološkog procesa, već se oni uglavnom smatraju dijelom proizvodnog procesa. Nedostatak takvog pristupa je što se troškovi ovih potrebnih radnih postupaka ne utvrđuju detaljno, ukoliko se uopće utvrđuju. Pretpostavlja se da ti troškovi pripadaju zajedničkim troškovima, što i nije loše rješenje za neke vrste proizvodnih procesa.
Međutim, za proizvode u kojima su troškovi završnih radnih postupaka značajni, ispravnije bi bilo vezati ih uz točno te proizvode, nego njima opterećivati sve proizvode.

U mOTP primjenjuje se praktično rješenje ovog problema, a to znači da se ovi radni postupci ne ugrađuju u sve tehnološke procese, nego samo u one kod kojih je to značajna stavka.
Odluka o značajnosti završnih postupaka temelji se na dvije osnovne značajke 3DM, a koje su definirane zadnjim dvama mjestima OTPk:

- K13 - PRECIZNOST
  - *Iako je značajan i zahtjev površinske zaštite (pakiranje), ovo istraživanje se usredotočuje samo na zahtjev preciznosti izratka (kontrola)*
  - *K13>6=1*
- K14 - VELIČINA SERIJE
  - *Iako se binarna klasifikacija temelji na pojedinačnoj proizvodnji, ovdje je mjerodavan podatak o količini koji je sastavni dio .btp (t120btp/B2 → qK14_Količina → K14).*
  - *K14>3=1*

U svim ostalim slučajevima smatra se u mOTP da završni radni postupci ne trebaju biti dio tehnološkog procesa.
To ne znači da ne postoje stvarni troškovi završnih postupaka za konkretni izradak. Radi se o manjim iznosima troškova koji se ne trebaju izračunavati posebno za konkretni izradak, nego su sadržani u prosječnim zajedničkim troškovima kojima se opterećuje svaki izradak. Troškovi zajedničkih organizacijskih cjelina, npr. kontrole ili transporta u tvrtci.

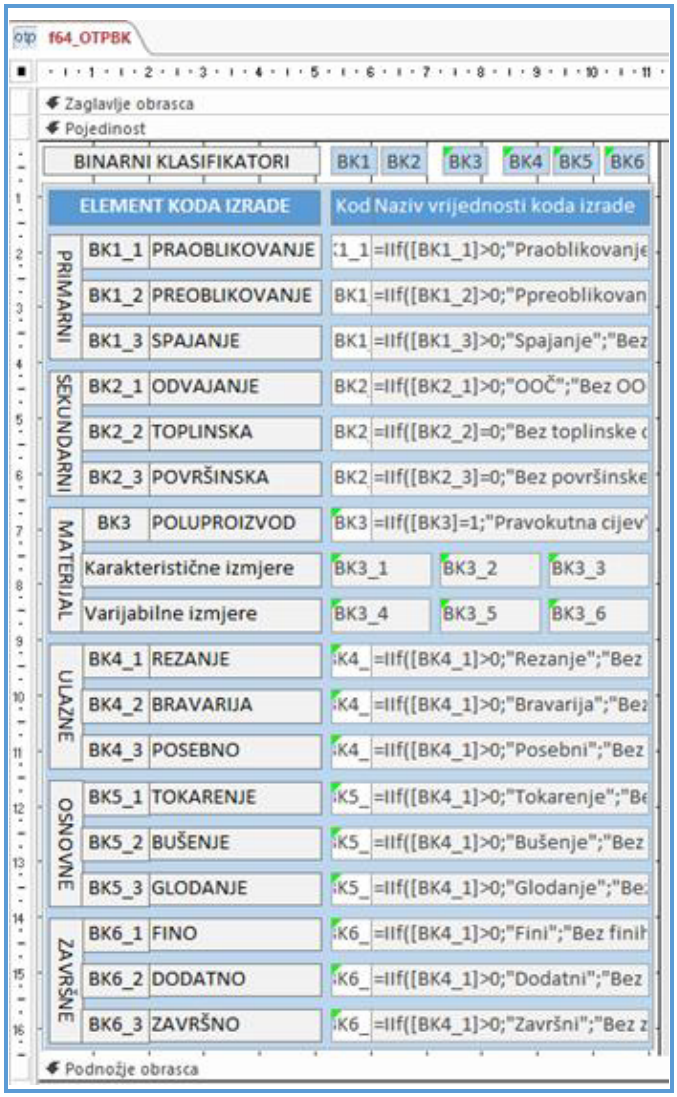
Algoritam se temelji isključivo na OTPk, zadnje dvije znamenke, a može se kao kod u standardnom zapisu MS Excel, prikazati kao:
BK6_3=
IF(OR(K13>6;K14>3;1;0) …… (J-17)

Ovime su definirani svi uvjeti za OTP kodiranje izrade koji su ovim istraživanjem ugrađeni u algoritme u OTPbp. Za napomenuti je da su za ovo istraživanje definirani uvjeti za kodiranje utemeljeni na opsežnom prethodnom istraživanju autora ovog rada. To je napravljeno u sklopu kreiranja OTPbp. Međutim za očekivati je da će se daljnjim razvojem mOTP upravo uvjeti za kodiranje izrade dodatno istraživati. Predviđen je razvoj dekadskog i posebnog koda izrade. Dekadskim kodom ostvarit će se univerzalna tehnološka klasifikacija, a posebnim kodom bi se tehnološka klasifikacija prilagodila uvjetima točno određenog korisnika (tvrtke).

Na slici 49 prikazan je obrazac iz OTPbp, u modu za uređivanje, na kojem se za jedan 3DM vide svi podaci o kodnim mjestima OTPbk.

Sam OTPbk prikazan je na vrhu obrasca u 6 posebnih polja. Detaljan prikaz svih 16 osnovnih elemenata OTP dat je u 6 osnovnih skupina. Svaka skupina podataka predstavlja jedno kodno mjesto OTPbk.

Vezano uz polazni materijal prikazani su i detaljniji razrađeni podaci. Zapravo je to već prikaz dekadske klasifikacije, jer se predviđa prikaz karakterističnih i varijabilnih izmjera standardnih poluproizvoda.
U polju BK3_6 predviđen je i podatak o potrebnoj masi polaznog materijala u kg po jedinici proizvoda. Uobičajeno u mjernoj jedinici kg po komadu (kg/kom).
Radi se o bruto potrebnoj masi materijala, budući se vrijednost varijabilne izmjere BK3_4 utvrđuje sa potrebnim dodacima za odrez i daljnju obradu.



Slika 49 Kvantificirani OTP kod izrade (OTPbk) [0]

Sam postupak kodiranja izrade može se dopuniti sa dodatnim uvjetima koji bi se ugradili u postojeće algoritme. Mogu se čak dodati i novi algoritmi, ali to ne bi utjecalo na sam znanstveni doprinos ovog istraživanja. Ovim istraživanjem je znanstven doprinos ostvaren, a daljnji razvoj algoritma išao bi u smjeru komercijalizacije mOTP.

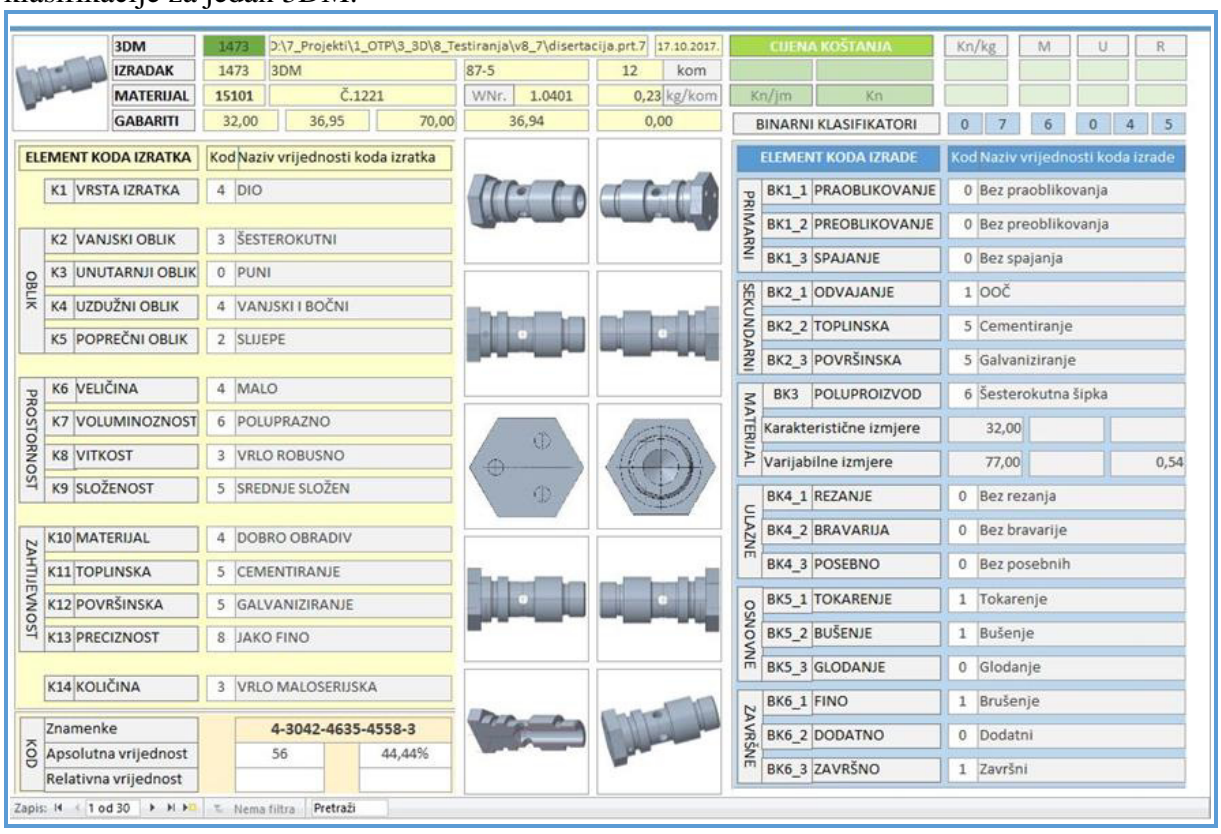
Na kraju, još jednom je potrebno naglasiti da se i kodiranje izratka i kodiranje izrade u OTPbp provodi potpuno automatizirano.
Automatiziran je i upis podataka iz 3DM u OTPbp, pa se može govoriti o ostvarenoj potpuno automatiziranoj tehnološkoj klasifikaciji na temelju 3DM.

8. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je nedvojbeno pokazalo da je moguća automatizacija tehnološke klasifikacije na temelju CAD 3D modela.
Izratke je moguće kodirati egzaktno, samo na temelju njegova 3DM, ne ovisno o bilo kojem drugom vanjskom faktoru.
Izradu je moguće kodirati na temelju OTP koda izratka, i po potrebi dodatnih podataka iz .btp, pri čemu se u obzir mogu uzeti i specifičnosti proizvodnih sustava za koje se provodi tehnološka klasifikacija.

Jedna od karakteristika provedenog istraživanje je njegova dinamičnost, koja se očituje kroz kontinuirani razvoj istraživanja obzirom na trenutno ostvarene rezultate. Posljedica dinamičkog pristupa je .btp koji sadrži podatke koji su i prije početka istraživanja bili poželjni, ali ni u primisli nije bilo za očekivati da bi se mogli automatizirano dohvatiti iz 3DM. Naravno, dinamički pristup uzrokovao je puno više potrebnog vremena za istraživanje od planiranog. Ali i puno kvalitetnije rješenje.

Na slici 50 prikazan je mogući izgled ekranskog obrasca iz OTPbp sa rezultatima tehnološke klasifikacije za jedan 3DM.



Slika 50 Obrazac za prikaz zajedničkih rezultata tehnološke klasifikacije [0]

Prikazani obrazac na slici 50 sastoji se iz tri osnovna podobrasca:

- PODOBRAZAC SA PODACIMA O 3DM
  - *Nalazi se u gornjem dijelu prozora*
- PODOBRAZAC SA PODACIMA O OTP KODU IZRATKU
  - *Nalazi se u lijevom dijelu prozora (područje sa stražnjom svjetlo žutom bojom)*
- PODOBRAZAC SA PODACIMA O OTP KODU IZRADE
  - *Nalazi se u desnom dijelu prozora (područje sa stražnjom svjetlo plavom bojom).*

8.1 OSTVARENA RJEŠENJA

Ne samo da je u ovom radu pokazana mogućnost automatizirane tehnološke klasifikacije na temelju 3DM, nego je u sklopu istraživanja napravljen i konkretan, funkcionalni algoritam koji to potvrđuje.
Algoritam se temelji na setu tehnoloških podataka o 3DM (.btp) koji se iz 3DM, posredstvom posebne aplikacije (BTP), dohvaćaju i zapisuju u posebnu napravljenu bazu podataka (OTPbp). U samu OTPbp ugrađeni su elementi za obradu dohvaćenih podataka. Obradom .btp unutar OTPb izdvojeni su potrebni podaci za definiranje elemenata tehnološke klasifikacije. Osnovni elementi tehnološke klasifikacije su OTP kod izratka (OTPk) i OTP kod izrade (OTPbk).

Postupak kodiranja izradaka temelji se na setu podataka koji je u OTPbp izdvojen pomoću sustava upita u zajedničku tablicu *q63_OTSetK*.Set podataka za kodiranje izrade uključuje 44 podatka, a svi su prikazani u tablici 32.O-115
Na temelju seta podataka za kodiranje izratka pokazana je mogućnost egzaktnog kodiranja svih 14 mjesta OTPk. Ovdje je za naglasiti upravo riječ egzaktno, budući se radi o ostvarenom rješenju koje nadilazi očekivano.
Naime, rješenje koje se željelo ostvariti ovim istraživanjem bilo je kodiranje pojedinih kodnih mjesta na temelju procjene, korištenjem matematičko-statističkih metoda. Očekivano je bilo da bi tako dobiven kod zadovoljavao u većini slučajeva za primjenu u praksi. Ostvareno je još bolje rješenje, pa se može govoriti o egzaktnom kodiranju izradaka isključivo na temelju značajki njegova 3DM. Gotovo bi se moglo reći da bolje ne može.
Poboljšanje je moguće u detaljnijem definiranju znamenki pojedinih kodnih mjesta. Posebno bi se to moglo ostvariti na kodnim mjestima koja se odnose na oblik izratka.
Moguća je i eventualna nadogradnja kodnog sustava, u koji bi se uključila i dodatna kodna mjesta, na koji način bi se tehnološki još detaljnije opisao 3DM. No, u odnosu na planirane rezultate istraživanja i u ovom segmentu ostvareno je rješenje iznad očekivanog. Na početku istraživanja bio je planiran kod izratka koji bi se sastojao od 5 kodnih mjesta, pa potom 9, pa 11, a završetkom istraživanja on se popeo na 14 kodnih mjesta. Moglo bi se reći da je ostvaren optimalan tehnološki kod izratka.O-030

Postupak kodiranja izrade temelji se na setu podataka koji je u OTPbp izdvojen pomoću sustava upita u zajedničku tablicu *q64_OTSetBK*.Set podataka za kodiranje izrade uključuje 39 podataka, a svi su prikazani u tablici 33.O-117
Na temelju seta podataka za kodiranje izrade pokazana je mogućnost binarnog kodiranja svih 16 mjesta OTPbk. U OTP binarnom kodu za većinu osnovnih elemenata utvrđuje se samo postojanje potrebe za njime u tehnološkom procesu. Iz tog razloga je bilo moguće binarni kod svesti na samo 6 kodnih mjesta, kojima se opisuje svih 16 elemenata osnovnog tehnološkog procesa.
Iznad očekivanja, za neka od kodnih mjesta istraživanjem je već u binarnoj klasifikaciji ostvareno i detaljnije rješenje. To znači da nije samo utvrđeno je li u tehnološkom procesu potrebna npr. toplinska obrada, nego i koji postupak toplinske obrade je potreban. Ovo su inače očekivani podaci koji bi se utvrđivali u višim razinama tehnološke klasifikacije, dekadskoj i posebnoj.
Ukoliko se u obzir uzme i da je već u binarnoj klasifikaciji moguće uz izbor potrebnog poluproizvoda kao polaznog materijala moguće utvrditi i njegove karakteristične i varijabilne izmjere, pa i masu, jasno je da je ostvareno rješenje bolje od očekivanog. Budući je istraživanjem pokazana i mogućnost definiranja graničnih veličina serija za izbor primarnog procesa, ali i optimalnih veličina serija za pojedine tehnološke postupke, može se slobodno govoriti o iznad očekivano ostvarenom tehnološki kodu izrade.O-039

8.1.1 Potvrđenost hipoteza

Analiza rezultata istraživanja vrši se na temelju postavljenih kriterija za potvrdu hipoteze O-054, a za provedeno istraživanje analizirani su svi segmenti hipoteze, te je utvrđeno slijedeće:

H1 U DIGITALNOM ZAPISU CAD 3D MODELA POSTOJE TEHNOLOŠKI ZNAČAJNI PODACI O IZRATKU

- POTVRĐENO JE ANALIZOM SETA DOHVAĆENIH PODATAKA IZ 3DM. SADRŽANI SU:
  - *Zajednički podaci (masa, volumen, površina oplošja, momenti inercije,…)*
  - *Podaci o strukturno hijerarhijskim odnosima elemenata*
  - *Podaci o geometrijskom obliku (poprečni presjeci, promjeri opisane i upisane kružnice)*
  - *Podaci o gabaritima i karakterističnim izmjerama*
  - *Podaci o tolerancijama mjera, geometrije i hrapavosti površina*
  - *Podaci o posebnim zahtjevima na izradak*

H2 TEHNOLOŠKE ZNAČAJKE IZRATKA MOGUĆE JE IZ CAD 3D MODELA IZDVOJITI U POSEBNU DATOTEKU (.BTP)

- POTVRĐENO JE ANALIZOM ZAPISA PODATAKA U BAZU PODATAKA
  - *Podaci su zapisani u nekoliko tablica u OTPbp*
  - *Unutar same baze podataka podatke je moguće svrstavati temeljem sustava upita u posebne tablice. U OTPbp to je napravljeno u više slučaja.*
  - *Podatke iz posebnih tablica u bazi podataka moguće je obrađivati unutar same baze podataka. U OTPbp to je napravljeno u više slučaja.*
  - *Iste podatke moguće je izvesti u odgovarajuće druge softvere i koristiti kao ulazne podatke za odgovarajuću namjenu daljnjeg istraživanja (npr. MatLAb, ili MS Excel,…)*

H3 NA TEMELJU .BTP DATOTEKE MOGUĆE JE DEFINIRATI TIP IZRATKA

- POTVRĐENO JE ANALIZOM OSTVARENOG OTP KODA IZRATKA
  - *Vrijednosti svih 14 predodređenih kodnih mjesta OTP koda izratka utvrđeni su automatski na temelju .btp.*
  - *Podaci za svaku od 14 znamenki koda određuju se za pojedini 3DM isključivo na temelju .btp za samo taj 3DM*
  - *Vrijednosti kodnih znamenki je utvrđeno egzaktno, i ne ovise ni o kakvim ograničenjima koji bi uključivali međusobne odnose 3DM. Nema potrebe za istraživanjem na temelju uzorka.*

H4 NA TEMELJU TIPA IZRATKA, I .BTP DATOTEKE MOGUĆE JE DEFINIRATI TEHNOLOŠKI POSTUPAK

- POTVRĐENO JE ANALIZOM OSTVARENOG OTP KODA IZRADE
  - *Potreba za svakim od 16 elemenata osnovnog tehnološkog procesa utvrđena je na temelju OTP koda izratka i dodatnih podataka koji se temelje na .btp*
  - *OTP kod izrade sastoji se od 6 kodnih znamenki, koje se sve utvrđuju automatski*

H5 MOGUĆA JE AUTOMATIZIRANA TEHNOLOŠKA KLASIFIKACIJA IZRADAKA NA TEMELJU CAD 3D MODELA

- POTVRĐENO JE ANALIZOM OSTVARENJA SEGMENATA HIPOTEZE H3 I H4
  - *OTP kod izratka i OTP kod izrade definirani su u potpunosti automatizirano na temelju 3DM*
  - *Mogući rezultat tehnološke klasifikacije prikazan je na slici 50* O-175

Obzirom na analizu potvrđenosti hipoteza, kojom je utvrđeno da je ovim istraživanjem potvrđen svaki od segmenata hipoteze, nedvojbeno se može zaključiti da je i temeljna tvrdnja:

„U digitalnom zapisu CAD 3D modela sadržani su i podaci o tehnološkom procesu izrade.“

u potpunosti dokazana ovim istraživanjem.

Dakle, nakon ovog istraživanja, postavljena hipoteza postala je znanstvena činjenica.

8.1.2 Dodatni elementi rješenje

Uz sustav kodiranja izratka i sustav kodiranja izrade, kao pretpostavku za postojanje algoritma za tehnološku klasifikaciju na temelju 3DM, ovim istraživanjem ostvarena su i brojna dodatna rješenja vezana uz mogućnost automatske tehnološke klasifikacije.
Ovdje se neće nabrajati svako rješenje pojedinačno, nego će se samo neka od njih iskazati kroz osnovne skupine dodatnih rješenja.

Dodatna rješenja ovog rada, koja su ujedno i značajna novost rješenja u odnosu na postojeće stanje, a koja su potrebna prvenstveno za automatiziranu računalnu primjenu su:

- BTP APLIKACIJA (BTP)
  - *Radi se o novo razvijenom softveru, čija je zadaća povezivanje PTC/Creo4.0 sa MS Access bazom podataka, i to konkretno OTPbp*
  - *Uz povezivanje dvaju softvera, BTP izvršava i brojne rutine kojima je cilj dohvat što većeg broja tehnološki značajnih podataka o 3DM, i njihovo spremanje u OTPbp.*
  - *Za spomenuti je novo razvijeni algoritam za utvrđivanje i mjerenje uzdužnih unutarnjih oblika 3DM. Ovaj algoritam temelji se na dodavanju posebnih značajki u 3DM i njihovo korištenje pri analizi 3DM. Ovaj algoritam je detaljno opisan u prilogu [C].*
  - *Posebno je značajan i algoritam koji na temelju projiciranja zraka na 3DM rezultira brojnim konkretnim tehnološki značajnim podacima o 3DM. Zbog značaja ovog algoritma, on je gotovo u potpunosti opisan u osnovnom dijelu teksta.*
- SET TEHNOLOŠKI PODATAKA 3DM (.btp)
  - *Radi se o sistematiziranom, potpuno definiranom skupu tehnoloških podataka*
  - *Ovakav kakav je trenutno razvijeni .btp može se odmah koristiti za razna znanstvena istraživanja*
  - *Očekuje da bi u budućnosti to mogao postati standardni dodatni format zapisa izlaznih podataka iz 3DS. U tom slučaju ujedno bi to mogao postati i standardni set ulaznih podataka za odgovarajuće softvere. To je i razlog što je odmah u ovom istraživanju imenovan na isti način kao što se uobičajeno imenuju standardni formati zapisa vezani uz 3DS, odnosno općenito digitalni računalni zapisi. Točka i tri mala slova iza nje.*
- OTP BAZA PODATAKA (OTPbp)
  - *Radi se o novorazvijenoj bazi podataka koja omogućuje prihvat dohvaćenih podataka iz BTP, i njihovu daljnju obradu u cilju automatizirane tehnološke klasifikacije*
  - *U OTPbp je uključen niz algoritama koji omogućuju automatizaciju tehnološke klasifikacije. Rezultat tih algoritama je prikazan na slici*
  - *OTPbp je u potpunosti strukturirana na način da može prihvatiti sve potrebne detaljne podatke vezane uz procjenu cijene koštanja*
- CAD SOFTVER (3DS – U OVOM SLUČAJU PTC/Creo 4.0)
  - *Radi se o indirektnim rješenjima koja će tek nastati, a posljedica su komunikacije sa tvrtkom PTC/Creo, glede uočenih nedostataka u trenutnoj inačici programa*
  - *Od direktnih rješenja spomenut će se samo makroi koji su ovim istraživanjem napravljeni i dodani na programsku traku unutar, isto tako novo dodane, BTP skupine alata.*

I na kraju, bez imalo pretencioznosti, može se ustvrditi da se na temelju ovog istraživanja očekuje nastajanje nove znanstvene metode. Metoda projektiranja osnovnih tehnoloških procesa (mOTP), u tolikoj je mjeri opisana u ovom radu da se i na temelju toga može zaključiti da ona već postoji.

Razvidno je da se istraživanjem uspjelo ostvariti očekivane znanstvene doprinose koji su naznačeni prilikom predlaganja ovog istraživanja, te prihvaćeni prilikom odobrenja konačne teme ovog istraživanja.

8.1.3 Primjenljivost rješenja

Uz algoritam za automatiziranu tehnološku klasifikaciju na temelju 3DM, koji je detaljno opisan u ovom radu, dobar dio teksta je posvećen i mogućnostima njegove primjene u praksi. Štoviše, pokazano je da je na temelju rezultata ovog istraživanja, i rezultata ranijih istraživanja [1] moguće stvoriti novu znanstvenu metodu za projektiranje osnovnih tehnoloških procesa. Ova nova znanstvena metoda imenovana je kao metoda osnovnog tehnološkog procesa.

Metoda osnovnog tehnološkog procesa (mOTP), primjenjivala bi se u praksi prvenstveno za potrebe izdavanja ponuda na upite kupaca u procesu prodaje. Rezultat mOTP, odnosno podaci koji nastaju primjenom mOTP prilagođeni su upravo osnovnom cilju koji se metodom želi postići. Radi se o podacima koji su prvenstveno potrebni za procjenu cijene koštanja budućeg izratka koji se temelji na 3DM.
U tom smislu su izabrani i potrebni elementi koje osnovni tehnološki proces treba sadržavati. Elementi su podijeljeni u 3 cjeline, materijal, usluga i rad. U slučaju kada je usluga ujedno i primarni proces, trošak materijala se ne iskazuje posebno, nego je on sastavni dio troška usluge. U svim slučajevima trošak potrebnog vlastitog rada procjenjuje se na temelju utrošaka pojedinih potrebnih radnih postupaka kao operacija u osnovnom tehnološkom procesu.

Za binarnu klasifikaciju izrade, već ovim istraživanjem, ostvarena je mogućnost izravne primjene mOTP u praksi.
Međutim, za komercijalnu upotrebu mOTP potrebna su dodatna istraživanja, prvenstveno u detaljiziranju podataka u OTPbp, što bi rezultiralo što točnijim procjenama potrebnih elemenata utroška, a time i cijene koštanja u cjelini. Ovime bi bila ostvarena dekadska klasifikacija na kojoj će se temeljiti općenita mOTP.

U praksi bi se mogla odmah početi primjenjivati i mOTP koja se temelji na posebnoj tehnološkoj klasifikaciji. Naime, neovisno o dekadskoj klasifikaciji, koju je još potrebno istražiti, posebna tehnološka klasifikacija se odnosi na točno određenu tvrtku za koju će u pravilu biti potrebna dodatna istraživanja. Dok se ne istraži dekadska klasifikacija, mOTP bi mogla funkcionirati u konkretnoj tvrtci na uobičajeni način, kao da postoji i općenita mOTP. Samo se dobiveni rezultati za pojedinu tvrtku ne bi mogli uspoređivati sa općenitim rezultatima. Dakle, uprava tvrtke ne bi mogla zaključivati o uspješnosti svojih tehnoloških procesa u odnosu na rezultate osnovnog tehnološkog procesa za općenitu virtualnu, OTP tvrtku. Pretpostavka je da su rezultati mOTP temeljeni na dekadskoj klasifikaciji upravo uobičajeni rezultati OTP tvrtke, odnosno prosječni rezultati po djelatnosti sličnih tvrtki na tržištu.

Obzirom na samo kodiranje izradaka, ostvareno rješenje ovim istraživanjem već je u potpunosti primjenljivo. Kao što je već rečeno, radi se o egzaktnom kodiranju, koje se temelji samo na postojećem .btp.

Dakle, svatko tko posjeduje licencu PTC/Creo4.0, kada bi imao na svom računalu softvere razvijene ovim istraživanjem, mogao bi već u ovom trenutku za svaki svoj 3DM automatizirano na svom računalu dobiti podatke o OTP kodu izratka. Naravno, i o OTP kodu izrade, ali temeljenom na binarnoj klasifikaciji.

Za napomenuti je i mogućnost primjene rješenja ostvarenog ovim istraživanjem putem interneta. Moguće bi bilo u kratkom roku napraviti aplikaciju u koju bi krajnji korisnici „učitavali“ svoj 3DM, a povratno bi dobivali OTP kod izratka, odnosno rezultate mOTP.

8.2 MOGUĆI DALJNJI RAZVOJ RJEŠENJA

Rezultati ovog istraživanja su i bolji od očekivanih, što upućuje na potrebu za oblikovanjem rješenja za njegovu opću primjenu u praksi.
To je ujedno i razlog za daljnji razvoj rješenja.
Iako je problem projektiranja tehnoloških procesa toliko složen da će se svako rješenje moći i dalje poboljšavati, daljnji razvoj rješenja prikazanog u ovom radu prvenstveno se odnosi na oživotvorenje mOTP.
Drugim riječima, potrebno je na temelju rezultata ovog istraživanja napraviti zaokruženu cjelinu spremnu za komercijalizaciju. Rezultat bi bio softver kojim bi se moglo već pri izradi CAD 3D modela procijeniti trošak izrade projektiranog izratka.

Da bi se mOTP dovela u stanje za moguću komercijalizaciju, potrebno je provesti nekoliko različitih razvojno-istraživačkih projekata, te ih sve povezati u zajedničku aplikaciju:

- OTP METODA (mOTP)
  - OTP BAZA PODATAKA (OTPbp)
    - *razvojni strojarsko-ekonomsko-informatički projekt*
    - *mogući nositelj projekta: FSB – Katedra za projektiranje proizvodnje*
  - BTP APLIKACIJA
    - *znanstveni strojarsko-informatički projekt*
    - *mogući nositelj projekta: FSB – Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda*
  - OTP UZORAK
    - *stručni strojarski projekt*
    - *mogući nositelj projekta: Više znanstvenih ustanova, i tvrtki uključujući i one izvan RH*
  - OTP SUSTAV
    - *stručni strojarski projekt*
    - *mogući nositelj: FSB – Zavod za proizvodno strojarstvo, posebno katedra za OOČ*
  - OTP ALGORITMI
    - *znanstveno-stručni strojarsko-matematički projekt*
    - *mogući nositelj: FSB – Zavod za industrijsko inženjerstvo i Katedra za matematiku*
  - OTP UMJETNA INTELIGENCIJA
    - *znanstveno-razvojni matematičko-informatički projekt*
    - *mogući nositelj: Više znanstvenih ustanova, FSB; FER; PMF*
  - OTP I INDUSTRIJA 4.0
    - *organizacijski projekt*
    - *mogući nositelj: Katedra za upravljanje proizvodnjom*

U osnovi cjeloviti projekt je multidisciplinaran, ali je ipak dominantno znanje iz područja tehničkih znanosti – strojarstva.
Budući je mOTP u konačnici informatički proizvod, potreba za informatičkim znanjem se podrazumijeva.
Iako se u današnje vrijeme informatička pismenost u istraživanjima, razvoju i znanosti izjednačuje sa općom pismenošću, ipak nije naodmet naglasiti potrebu za sudjelovanjem većeg broja informatičara u realizaciji mOTP.

Dakle, za budući projekt „OTP METODA“, bit će potreban rad strojarskih inženjera, ekonomista, matematičara i informatičara.
Pojedini segmenti OTP projekta detaljnije su opisani kao posebne točke u nastavku ovog poglavlja.

8.2.1 Razvoj OTP baze podataka (OTPbp)

Kao što je već navedeno, za ovo istraživanje razvijena je posebna baza podataka u sklopu MS Access softvera. Ova baza podataka nazvana je OTPbp.

Temeljna struktura OTPbp postavljena je prije no što su bili poznati svi podaci koje će biti moguće iz 3DM zapisati u bazu podataka.
Tijekom istraživanja pojavio se i niz novih, neplaniranih podatka koje je bilo moguće kvantificirati. Da bi se oni mogli zapisati u bazu potrebna su bila dodatna polja u postojećim tablicama, a za neke skupove podataka bilo je potrebno dodati čak i nove tablice u samu bazu.
Obzirom na dobru strukturu OTPbp to je bilo relativno lako i uspješno napraviti već tijekom samog istraživanja, što je i učinjeno.
Neovisno o brojnim pozitivnim rješenjima tijekom istraživanja, glede „dohvativih“ podataka, struktura baze se pokazala primjerenom, te ostaje temelj i za daljnji razvoj mOTP.

Međutim, sada, nakon završenog istraživanja, moguće je i potrebno analizirati cjelovitu bazu podataka i to prvenstveno sa gledišta ostvarenih rezultata. Pri tome bi baza podataka trebala biti tako organizirana da može u svakom trenutku prihvatiti i podatke novih, paralelnih istraživanja vezanih uz projektiranje osnovnih tehnoloških procesa.
Dopuna baze podataka sa novim tablicama, iziskivat će i potrebu za novim upitima na bazu podataka, a za primjenu u praksi bit će potrebno bazu dopuniti i sa više izvještaja. Sve to iziskuje i veću količinu novog koda koji je potrebno napisati.

Za primjenu mOTP u praksi, svakako je potrebno osigurati da baza bude univerzalna, odnosno primjenljiva za različite profile korisnika.
Obzirom da je izgledno da bi se mOTP mogla primjenjivati u praksi, očekuje se da će i veličina baze značajno rasti, pa se javlja i pitanje ispravnog odabira okoline, odnosno osnovnog softvera za upravljanje bazama podataka.
Izvjesno je da će OTPbp prerasti ograničenja MS Access softvera. Štoviše, već i tijekom samog istraživanja došlo je do određenih poteškoća u obradi podataka uzrokovanih ograničenjima MS Access softvera za baze podataka.

Uzimajući u obzir i moguće rezultate ostalih razvojnih projekata vezanih sa mOTP, za očekivati je da će i oni uvjetovati određene zahvate u samoj OTPbp. To znači da baza mora biti tako osmišljena da omogući ugradnju novih tablica ili relacija između postojećih tablica. Preporuka je da se koristi princip strukture baze koja ima što veći broj tablica sa što manjim brojem polja u svakoj tablici.

Uzimajući u obzir sve navedeno, nameće se zaključak da bi bilo potrebno na temelju postojeće OTPbp razviti novu OTP bazu podataka.
Pri tome ove aktivnosti ne mogu biti odijeljene od aktivnosti izrade OTP softvera u cjelini. To bi trebao raditi isti tim stručnjaka, kojem bi na čelu trebala biti osoba koja provodi cjeloviti projekt ostvarenja OTP softvera i koja nadgleda sve razvojne projekte vezane uz mOTP. Drugim riječima, voditelj cjelovitog OTP projekta trebao bi koordinirati sve pojedinačne razvojne projekte vezane uz mOTP.

Ostvarenje ovog cilja iziskuje poseban RAZVOJNI strojarsko-ekonomsko-informatički projekt.

8.2.2 Razvoj BTP aplikacije (BTP)

Kao jedno od osnovnih rješenja ovog istraživanja svakako je razvijena BTP aplikacija. Iako prvotno zamišljena samo kao most između 3DS i OTPbp, tijekom istraživanja BTP je prerasla u moćan alat za „dohvaćanje“ podataka o 3DM.
Zahvaljujući tome u ostvarenom .btp uključeni su i neki tehnološki značajni podaci za koje se na početku istraživanja nije ni pretpostavilo da će biti sastavni dio zapisa, odnosno da će ih biti moguće automatizirano utvrditi.
Ovdje je još jednom za istaknuti puno značenje kratice “.btp“: „format digitalnog zapisa tehnoloških značajki CAD 3D modela“, a to je ujedno i osnovni cilj BTP aplikacije.

Ostvareni rezultati BTP naznačuju realnu mogućnost automatiziranog kvantificiranja bilo koje tehnološki važne značajke izratka.
Istraživanjem je utvrđeno postojanje različitih mogućnosti djelovanja unutar 3DS u cilju „dohvaćanja“ različitih podataka iz 3DM.
Povezivanje alata 3DS, dodatno razvijenih algoritama za analizu 3DM, te procedura za „dohvat“ i pohranu podataka u OTPbp omogućuje ostvarenje potpunog .btp, odnosno dostatnog seta tehnoloških značajki na temelju kojeg je moguće projektiranje osnovnih tehnoloških procesa.

Obzirom da je postojeća BTP bila namijenjena isključivo za ovo istraživanje, te da se razvijala samim tijekom istraživanja, i da daje rezultate potrebne za ovo istraživanje, bilo bi potrebno razviti univerzalnu BTP.
Uz osnovnu zadaću interakcije između 3DS i OTP baze podataka, potrebno bi bilo ostvariti i slijedeće ciljeve:

- KOMPATIBILNOST
  - *uz PTC/Creo, trebali bi biti uključeni još barem i Catia, SolidWorks i NX,…*
- VARIJABILNOST
  - *uz primjenu za puna tijela („PART“), trebalo bi uključiti barem još i limove „SheetMetal“, a vjerojatno i sklopove „Assembly“ (za potrebe projektiranja montaže)*
- MULTIFUNKCIONALNOST
  - *uz postojeći način rada trebalo bi razviti i varijantu ugradnje aplikacije u kompatibilne 3DS, na način da radi interno, kao modul 3DS*
  - *poželjno bi bilo ostvariti i internetski način rada, (korisnik pokrene aplikaciju na internetu i u nju „učita“ svoj 3DM, te dobije .btp za „učitani“ 3DM*
- SAMOSTALNOST
  - *.btp bi trebala biti samostalna datoteka*
  - *postići da za .btp vrijede ista pravila kao i za npr. „.prt“, jednim klikom miša spremaju se tehnološki podaci u samostalnu datoteku koja se kasnije može pozvati u odgovarajući softver na daljnje korištenje*
- STANDARDIZIRANOST
  - *.btp bi trebao biti u potpunosti standardiziran*
  - *svaki podatak u zapisu bi trebao biti potpuno definiran glede naziva, vrste podataka (broj, tekst), tipa podataka (cjelobrojna vrijednost; decimalni broj,…) te po potrebi dodatna svojstva kao npr. broj znamenki.*
  - *već ovim istraživanjem je svaki podatak .btp u potpunosti definiran, što se može vidjeti u OTPbp*
  - *sve skupa b trebalo biti dokumentirano i uobličeno u posebnoj datoteci za potencijalne korisnike*

Ostvarenje ovog cilja iziskuje poseban ZNANSTVENI strojarsko-informatički projekt.

8.2.3 Razvoj OTP uzoraka za istraživanje

Provedeno istraživanje, usmjereno na potvrđivanje hipoteza vezanih uz mogućnost automatizacije tehnološke klasifikacije izradaka, pokazalo je da je moguće egzaktno kodiranje izradaka. Dakle, samo na temelju značajki njegova 3DM, bez potrebe za bilo kakvim usporedbama sa drugim izradcima.
Posljedično, rezultati ovog istraživanje ne temelje se na uzorcima, pa nije ni bilo potrebe za značajnim uzorkom za istraživanje.
Iako je tijekom istraživanja stvoren uzorak sa od preko 1.500 modela, on se ne može smatrati uzorkom za istraživanje u klasičnom smislu.
Naime, stvoreni 3DM su se koristili prvenstveno u cilju razvoja i provjere rezultata BTP aplikacije, tako da uzorak nije obuhvaćao izlazne parametre.

Uzimajući u obzir činjenicu da je automatizacija tehnološke klasifikacije preduvjet za automatizaciju daljnjih koraka u projektiranju osnovnih tehnoloških procesa, a koji se sukladno ranijem istraživanju [1] u dobroj mjeri temelje upravo na postojanju uzoraka, jasno je da ostaje potreba za OTP uzorcima.
Sukladno navedenom o mogućim razinama tehnološke klasifikacije (binarna, dekadska i posebna) potrebni su i uzorci različite detaljnosti i obuhvata podataka.
Kako je binarna klasifikacija u većoj mjeri već ostvarena ovim istraživanjem, a za primjenu u praksi primjerenije su dekadska (univerzalna) i posebna (za pojedinu tvrtku) klasifikacija, potrebno je stvoriti nove OTP uzorke.

Moguća su dva pristupa stvaranja uzoraka:

- TEORIJSKI UZORAK
  - *dekadska klasifikacija: namjena za univerzalnu primjenu*
  - *3DM različitih izradaka stvorenih upravo za potrebe OTP metode*
  - *izlazni parametri definirani na temelju CAD-CAM simulacija*
- PRAKTIČNI UZORAK
  - *posebna klasifikacija: namjena za primjenu u točno određenoj tvrtci*
  - *3DM stvarnih izradaka iz prakse*
  - *izlazni parametri preuzeti iz prakse (evidentirani podaci iz proizvodnje, npr. vrijeme izrade)*

Dodatno bi se mogao stvoriti i jedan veliki, jedinstveni uzorak koji bi obuhvatio sve pojedinačne praktične uzorke.

Neovisno o odabranom pristupu, za stvaranje uzorka uvijek su potrebne dvije aktivnosti. Za ulazne podatke bit će potreban rad strojarskih inženjera konstrukcijskog smjera, a za izlazne podatke bit će potreban rad strojarskih inženjera proizvodnog smjera. Prvi će stvarati 3DM, a drugi će projektirati tehnološke procese za stvorene 3DM.

Za napomenuti je da postojeća BTP aplikacija ima već ugrađene alate za lako stvaranje sličnih uzoraka na temelju istog 3DM. Dakle, za CAD postoje rutine za ubrzano stvaranje uzorka, dok za CAM to još nije napravljeno.
Obzirom na postojeće stanje proizlazi da bi bilo potrebno više inženjera proizvodnog smjera u odnosu na konstruktore. Međutim, ukoliko se pretpostavi mogućnost automatizacije CAM projektiranja, te vjerojatnosti da će se za posebne uzorke iz prakse trebati modelirati izradci za koje već postoji gotov CAM, moguće je planirati isti broj konstruktora i tehnologa za izradu uzoraka. Ovdje se još mogu uključiti i inženjeri sa Zavoda za industrijsko inženjerstvo obzirom na potrebu suradnje sa proizvodnim tvrtkama.

Ostvarenje ovog cilja iziskuje posebno opsežan STRUČNI strojarski projekt.

8.2.4 Razvoj elemenata OTP sustava

Iako se na prvi pogled može smatrati da razvoj elemenata OTP sustava pripada projektu razvoja OTPbp, ipak se ove aktivnosti suštinski razlikuju.
Dok razvoj baze podataka podrazumijeva prvenstveno stručne informatičke aktivnosti vezane uz organizaciju baze, razvoj elemenata OTP sustava obuhvaća prvenstveno stručne aktivnosti u cilju detaljnijeg definiranja „stalnih“ podataka u bazi.
Prvenstveno se pri tome misli na podatke vezane uz elemente usluga, materijala i rada.

Problem ovog razvojnog projekta leži u njegovoj opsežnosti. Naime, radi se o velikom broju različitih podataka koje je potrebno kvantificirati.
Na primjer, u postojećoj OTPbp samo za jednu vrstu obrade iz skupine usluga predviđeno je 10 stalnih podataka koje je potrebno kvantificirati. Uzimajući u obzir da u OTPbp postoji 9 različitih usluga, od kojih svaka može imati do 10 tehnoloških postupaka, lako je zaključiti da je potrebno istražiti 900 podataka samo vezanih uz usluge. Slična brojka je vezana i uz element rada. Broj standardnih poluproizvoda koje je potrebno upisati u OTPbp još je i brojniji.

Iako je ovaj razvojni projekt vrlo opsežan, i što je još značajnije vrlo različit obzirom na brojnost područja koje treba obuhvatiti, ipak bi se mogao provesti u kratkom roku budući se radi o relativno jednostavnim istraživanjima, odnosno pretraživanjima postojećih podataka. Obzirom na način pribavljanja aktivnosti se mogu podijeliti na:

- STRUČNO ISTRAŽIVANJE (ZAVRŠNI RAD)
  - *utvrđivanje vremena izrade rezanja na tračnoj pili za pojedine poluproizvode*
  - *dodaci za odrezivanje obzirom na postupak odrezivanja i standardni poluproizvod*
  - *utvrđivanje potrebnog pripremno završnog vremena za pojedine tehnološke operacije*
- STRUČNO PRETRAŽIVANJE (SEMINARSKI RAD)
  - *usporedbene tablice materijala obzirom na različite oznake kvalitete*
  - *kompletiranje podataka o dostupnim materijalima na tržištu obzirom na oblik i kvalitetu*
  - *mogućnosti pojedinih tehnoloških postupaka obzirom na točnost i hrapavost površine*
  - *trošak usluga vezanih uz strojarsku proizvodnju*

Uglavnom se radi o pretraživanjima postojećih podataka, u literaturi, priručnicima, ili katalozima. U ovo informatičko doba kada su gotovo svi podaci dostupni na internetu potrebno vrijeme ovog istraživanje je moguće značajno skratiti.

Vjerojatno je za ovaj projekt potrebno osigurati određena financijska sredstva kojima bi se postojeći podaci mogli kupiti i iz postojećih baza podataka ugraditi u OTPbp.
Rješenje kupnje vremenskog prava pristupa određenim bazama ne bi bilo optimalno, prvenstveno iz razloga što bi se time OTP softver učinio ovisan o postojanju drugih softvera, pa u konačnici i tvrtki.

Za napomenuti je da je prije početka ovog istraživanja potrebno definirati obrasce na kojima se prikupljaju, eventualno obrađuju, i sortiraju podaci. Obrasci bi trebali biti u formatu koji omogućuje izravni upis podataka u odgovarajuće tablice u OTPbp.
Dakle, prije samog započinjanja ovog razvojnog projekta potrebno je da se u sklopu razvojnog projekta OTPbp naprave algoritmi za istraživanje i pohranu podataka vezanih uz elemente OTP sustava.

Ostvarenje ovog cilja iziskuje posebno opsežan STRUČNI strojarski projekt.

8.2.5 Razvoj algoritama za procjenu cijene koštanja

Konačni cilj mOTP je procjena cijene koštanja izratka na temelju njegova 3D modela.
Cijena koštanja zavisi o utrošenim resursima u procesu proizvodnje, prvenstveno rada (vremena), potom materijala (kg), pa i usluga (tuđeg rada).
Općenito vrijedi pravilo po kojem je to točnija procjena utroška, što je detaljnije definiran tehnološki proces. Ovo pravilo se temelji na pretpostavki da su u detaljnijim podacima preciznije kvantificirani utjecajni faktori na utrošak. U mOTP ovo pravilo je u potpunosti primijenjeno, što se očituje u postojanju 3 razine podataka u OTPbp.

Međutim, stalni podaci u OTPbp temelje se na postojećem stanju tehnike, a kvantificiraju se za pojedine vrste obrade i tehnološke postupke općenito, neovisno o izratku. Budući je nedvojbeno da značajke izratka izravno utječu na tehnološki proces, potrebno je u obzir uzeti obje varijable. I utjecaj tehnološkog postupka, i utjecaj 3DM.
Praktički za svaki parametar tehnološkog procesa potrebno je odrediti podatkovni par, konstantu i koeficijent. Konstantna vrijednost predodređena je obzirom na tehnološki parametar na koji se odnosi (npr. pripremno-završno vrijeme tokarenja), a koeficijent je veličina koja zavisi o značajkama 3DM (npr. masa izratka).

Iz tog razloga u mOTP algoritmi za kvantificiranje utrošaka temelje se na umnošku podatkovnog para, konstante i koeficijenta.
Utjecaj tehnoloških postupaka (konstante) bit će istražen u projektu razvoja elemenata OTP sustava, a utjecaj 3DM na troškove (koeficijenti) planira se utvrditi nizom istraživanja u sklopu ovog razvojnog projekta.

Cilj ovog daljnjeg istraživanja je utvrditi utjecaj 3DM na promjenu predodređene značajke svakog pojedinog parametra u OTPbp. Utjecaj se iskazuje kroz koeficijent kojim se množi konstantna, predodređena vrijednost iz baze.
Poseban je slučaj parametra „vrijeme izrade“, koji može biti toliko različit zavisno o 3DM, da čak nije ni predviđen kao predodređena vrijednost u OTPbp. Za ovaj slučaj ne definira se samo koeficijent, nego cijela jednadžba, pri čemu je potrebno odrediti koje značajke 3DM i sa kojim utjecajem trebaju biti zastupljene u jednadžbi za procjenu vremena izrade.

Potencijalni razvojni projekti mogu se formirati po različitim kriterijima, a ovdje se navode samo neki, obzirom na mogući znanstveni stupanj ostvarenog rješenja:

- ZNANSTVENO ISTRAŽIVANJE (DOKTORSKA DISERTACIJA)
  - *utvrđivanje cijene koštanja specijalnog alata na temelju 3DM njegova izratka*
- RAZVOJNO ISTRAŽIVANJE (DIPLOMSKI RAD)
  - *set jednadžbi za procjenu vremena izrade skupine izradaka obzirom na OTP kod izratka (budući ima mnogo varijanti OTPk, mogući su brojna istraživanja)*
  - *koeficijent troška rada nakon primarnog procesa, obzirom na vrstu primarnog procesa*
  - *algoritam za izbor primarnog procesa na temelju značajki 3DM (.btp)*
  - *određivanje koeficijenata uz osnovne tehnološke postupke na temelju .btp*
- STRUČNO ISTRAŽIVANJE (ZAVRŠNI RAD)
  - *koeficijent mase materijala obzirom na vrstu obrade u odnosu na neto masu izratka*
  - *koeficijenti troška usluge obzirom na .btp*

Ostvarenje ovog cilja iziskuje posebno opsežan ZNANSTVENI i STRUČNI strojarski projekt, koji će se realizirati kroz veći broj pojedinačnih istraživanja.

8.2.6 Razvoj samoučećeg modula OTP softvera

Komercijalizacija budućih rješenja temeljenih na rezultatima ovog istraživanja, i rezultatima u prethodnim točkama navedenih razvojnih projekata, očitovat će se u informatičkom proizvodu. OTP softveru.
Većina izlaznih podataka vezanih uz utrošak resursa i cijenu koštanja u OTP softveru izračunava se na temelju jednadžbi koje se sastoje od predodređenih vrijednosti tehnoloških parametara upisanih u OTPbp, te na temelju koeficijenata utvrđenih matematičkim modelima. Podaci vezani uz vrijeme izrade procjenjuju se na temelju jednadžbi koje su u potpunosti razvijene matematičko-statističkim modelima na temelju odgovarajućeg uzorka.

Obzirom na ugrađene algoritme i relacije unutar OTPbp, već u ovoj fazi gotovosti može se mOTP ubrojiti u informatičke proizvode tipa „umjetne inteligencije“.
Specifičnost mOTP čini ju posebno pogodnom za ostvarivanje i više razine umjetne inteligencije, a to je mogućnost samoučenja. U ovom slučaju mogućnost samoučenja podrazumijeva sposobnost softvera da nakon unosa novog izratka u bazu može samostalno ažurirati uzorak. Na temelju novonastalog uzorka softver bi mogao „poboljšati“ postojeće jednadžbe i koeficijente u računskim algoritmima vezanim uz izlazne rezultate softvera, npr. cijenu koštanja.

Da bi se uzorak s vremenom mogao povećavati potrebno je u OTP softver ugraditi modul koji omogućuje upis podataka o ostvarenom tehnološkom procesu i te podatke povezati sa planiranim tehnološkim procesom, a preko njega i sa 3DM proizvedenog izratka. Ovaj dio relativno je jednostavno izvesti, i poznato je softversko rješenje. Isto tako je relativno lako automatizirano izmijeniti pojedini podatak ili set predodređenih podataka u bazi podataka. Primjer su postojeća rješenja za ažuriranje cijene materijala na temelju unosa zadnjeg računa za taj materijal u bazu podataka.

Međutim, da bi softver mogao „poboljšati“ postojeće algoritme potrebno je u njega ugraditi poseban modul za samoučenje.
U modul je potrebno ugraditi „okidače“ za pokretanja postupka poboljšavanja postojećih algoritama, kao i set svih jednadžbi, konstanti i koeficijenata koje je potrebno promijeniti. Ovaj dio je još relativno lako napraviti, ali vrlo veliki zahvat iziskuje sama provedba „poboljšanja“ algoritama.
Da bi to bilo moguće potrebno je da softver uz osnovne algoritme sadrži i istraživačke algoritme. Osnovni algoritmi su posljedica istraživačkih.

Praktički, softver treba napraviti sve one korake koje je istraživač napravio prilikom prvobitnog definiranja jednadžbi ili koeficijenata, samo sada na drugačijem, u pravilu većem uzorku. Pri tome nije zanemariva činjenica da su ti koraci uglavnom vezani na poznate matematičko-statističke metode. Ovdje se otvara problem načina korištenja gotovih matematičkih metoda. Da li metodu ugraditi u softver (napisati vlastiti kod metode), ili OTP softver povezati sa kupljenom inačicom nekog od postojećih softverskih paketa.

Ukoliko se u tome uspije, moguće je napraviti i različite varijante samoučećeg rješenja, sukladno posebnim zahtjevima krajnjeg korisnika OTP softvera.

Ostvarenje ovog cilja iziskuje ZNANSTVENO-RAZVOJNI matematičko-informatički projekt, koji će se realizirati paralelno sa razvojem OTP softvera.

8.2.7 Uključivanje mOTP u koncept Industrija 4.0

Izravna međusobna komunikacija različitih uređaja temeljni je koncept razvoja proizvodnih sustava simbolično nazvan kao četvrta industrijska revolucija.
Zanimljivo je da je to prvi skok u industrijskom razvoju koji je unaprijed najavljen, odnosno da se radi o budućnosti koju možemo planirati. Stoga nije ni čudo da se vodeće industrijske zemlje sustavno pripremaju za ostvarenje cilja pametne tvornice. Pripremne aktivnosti prvenstveno se svode na postizanje zajedničkog komunikacijskog standarda, odnosno svojevrsnog esperanta za strojeve. Autor ovog istraživanja potencijalno univerzalni strojni jezik kolokvijalno naziva „M_ESPERANTO“. U većini relevantnih jezika imenica „stroj“ počinje slovom „M“.

Razvojem informatičkih tehnologija, poglavito softvera za upravljanje procesima omogućeno je povezivanje rezultata rada različiti ljudi u istom proizvodnom sustavu, a od Industrije 4.0 se očekuje da drastično smanji, ili čak u potpunosti isključi ljude iz proizvodnih, pa i poslovnih procesa.
Iako mOTP nije izravno na tragu razvojnog koncepta Industrija 4.0, ona bi ipak mogla biti važan element u njenoj praktičnoj primjeni. Naime, i uz pretpostavku ostvarenja univerzalnog strojnog jezika i komunikacijskih kanala, i dalje ostaje otvoreno pitanje sadržaja komunikacija. I u postojećim rješenjima postoje različiti softveri za automatizaciju upravljanja proizvodnjom, pa i poslovanjem u cjelini, ali još uvijek nije riješena automatizacija stvaranja temeljnih podataka potrebnih za funkcioniranje raznih ERP-ova.
Pojednostavljeno, planira li se proizvodnja ručno na obrascu tipa „gantogram“, ili na računalu korištenjem najsuvremenijeg softvera, osnova za uspješan ishod planiranja su pouzdani ulazni podaci, u ovom slučaju vrijeme trajanja pojedinih operacija. A definiranje tih podataka još uvijek ne ide bez ljudi. Dakle, problem automatizacije definiranja temeljnih podataka još nije riješen.

„Vrijeme je osnovno organizacijsko mjerilo“, rečenica je to prof. dr. sc. Drage Taboršaka, koja autora ovog istraživanja u najvećoj mjeri prati kroz poslovni, pa i privatni život. Vrijeme je jedan od osnovnih komunikacijskih sadržaja u proizvodnim sustavima, a na razini poslovnog sustava nisu zanemarivi ni komunikacijski sadržaji tipa „kg po seriji“, ili „Kn (€) po proizvodu“. Automatizaciji stvaranja tih temeljnih podataka upravo stremi mOTP, budući se uz procjenu potrebnih vremena izrade, definiraju i polazni materijal, primarni procesi i potrebni tehnološki postupci i njihov redoslijed u tehnološkom procesu. Dakle, rezultat mOTP su izvorni podaci koji su gotovo u svakom segmentu poslovanja „ulazni“ podaci, pa prema tome ne samo učestalo potrebni, nego i u pravilu neophodni.

Razvojem koncepta Industrija 4.0 rezultati mOTP mogu postati samostalni entitet, dostupan bilo kojem stroju, ne vezano o centralnoj bazi podataka, a budući se rado o „pravim vrijednostima“ za očekivati je da bi potražnja za njima bila vrlo velika.
Ova pretpostavka ukazuje na potrebu promišljanja o mogućnostima uključivanja mOTP u koncept Industrija 4.0, neovisno o tome što se od same mOTP ne očekuje neki konkretan doprinos razvoju koncepta Industrija 4.0.

Ostvarenje ovog cilja iziskuje POSLOVNI organizacijski projekt, s općenitim rješenjima, sukladno napredovanju koncepta Industrija 4.0.

9. ZAKLJUČAK

Istraživanjem je potvrđena hipoteza o mogućnosti automatizirane tehnološke klasifikacije izradaka na temelju CAD 3D modela izratka.[18]

Hipoteza: *„U digitalnom zapisu CAD 3D modela sadržani su i podaci o tehnološkom procesu izrade.“* potvrđena je obzirom na ostvarenje svih 5, za nju, postavljenih kriterija.

Uz neznatna ograničenja vezana na način modeliranja u PTC/Creo 4.0 softveru ostvarena je mogućnost automatiziranog „dohvata“ brojnih tehnoloških značajki CAD 3D modela. Preuzete su i značajke koje na početku nisu bile planirane, ili nije bilo za očekivati da će ih se uspjeti dohvatiti, što potvrđuje da se radi o rezultatima istraživanja i boljim od očekivanih.

Izdvajanje značajki iz 3D modela u bazu podataka omogućeno je korištenjem vlastite, tijekom istraživanja razvijene, BTP aplikacije, koja povezuje PTC/Creo 4.0 softver sa isto tako vlastitom, ovim istraživanjem, razvijenom OTP bazom podataka.
Rezultat rada BTP aplikacije je digitalni zapis tehnoloških značajki CAD 3D modela izratka.
Skup tehnološki značajnih podataka u potpunosti je definiran i zapisan u OTP bazu podataka u odgovarajuće tablice na način da se do svakog zapisanog podatka može doći u cilju njegove primjene tijekom tehnološke klasifikacije.

Obradom preuzetih podataka u OTP bazi ostvarena je mogućnost definiranja tipa izratka i to egzaktnim kodiranjem svih 14 znamenki koda. Dakle, bez potrebe za uzorkom i statističkim metodama za kvantificiranje kodnih mjesta. To je svakako pokazatelj da je i u ovom segmentu ostvaren rezultat bolji od očekivanog.

Za svaki 3DM ostvarena je i mogućnost definiranja tipa izrade, odnosno tehnološkog procesa na binarnoj razini. To znači da je definirano za svaku vrstu obrade kao primarni proces, ili tehnološku operaciju kao postupak rada, da li je potrebna u tehnološkom procesu ili ne. Ovo ostvarenje je ujedno i izravna potvrda ostvarenja automatizirane tehnološke klasifikacije. I ovaj rezultat je ostvaren egzaktnom metodom, samo na temelju koda izratka i digitalnog zapis tehnoloških značajki CAD 3D modela, što isto tako ukazuje na rješenje bolje od očekivanog.

Uz potvrdu hipoteze, istraživanje je iznjedrilo i niz dodatnih rješenja od kojih valja posebno istaknuti BTP aplikaciju, koja je od početne zamisli samo o povezivanju CAD 3D modela i OTP baze prerasla u aplikaciju sa brojnim funkcijama. Za istaknuti je funkcije kojima se iz BTP može djelovati na značajke CAD 3D modela u cilju dohvata detaljnijih geometrijskih podataka.

Iako je moguće razvijati i dodatne sustave klasifikacije, kao daljnji razvoj rješenja ipak se ovdje ističu brojni mogući znanstveni, razvojni i stručni projekti, koji bi se proveli sa ciljem ostvarenja komercijalnog OTP softvera, kao samostalne računalne aplikacije.

Sveukupno gledajući, može se ustvrditi da je provedeno istraživanje u potpunosti opravdalo svoju svrhu, te da se na njemu može temeljiti razvoj nove znanstvene metode za brzu procjenu troškova izrade – OTP metode.“

[18] Ovdje, u zaključku istraživanja namjerno se za pojmove koji su u prethodnim poglavljima ovog rada pisani kao kratice, sukladno navedenom u tablici T-02 na listu XVII, zbog preglednosti ne koriste kratice, već se navodi njihov puni tekstualni opis.

LITERATURA

1. Antolić D
   Procjena vremena izrade proizvoda regresijskim modelima
   Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb. Zagreb 2007. magistarski rad
2. Camba J, Contero M, Johnson M, Company P
   Extended 3D annotations as a new mechanism to explicitly communicate geometric design intent and increase CAD model reusability
   Computer-Aided Design. 2014;57:61–73
3. Rohde D, Herold Z, Bojčetić N, Marjanović D
   Tehnological knowledge embedded in a feature-based CAD model
   International design conference - DESIGN 2004. Dubrovnik 18.05-21.05.2004.
4. Sivakumar S, Dhanalakshmi V
   An approach towards the integration of CAD/CAM/CAI through STEP file using feature extraction for cylindrical parts
   International journal of computer integrated manufacturing. 2013;26(6):561-570
5. Tongming X, Zhuoning C, Jianxun L, Xiaoguang Y
   Automatic tool path generation from structuralized machining process integrated with CAD/CAPP/CAM system
   International journal of advanced manufacturing technology. 2015; 80(5-8):1097-1111
6. Kagermann, H., et al
   Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0
   Final Report of the Industrie 4.0 Working Group, Frankfurt, 2013.
7. https://www.mtisystems.com/
8. https://www.apriori.com/
9. http://www.ptc.com/
10. https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/
11. http://www.3ds.com/
12. Denkena B, Schmidt J, Krüger M
    Data mining approach for knowledge-based process planning
    Procedia Technology. 2014;15:406–415
13. Holland P, Standring PM, Long H, Mynors DJ
    Feature extraction from STEP (ISO 10303) CAD drawing files for metalforming process selection in an integrated design system
    Journal of Materials Processing Technology. 2002;125–126:446–455
14. Kuric I, Kuba J
    New methods of product classification for computer aided process planning system
    Eng. rev. 2007;27(1):13-17
15. Dowlatshahi S, Nagaraj M
    Application of group technology for design data management
    Computers & Industrial Engineering. 1998;34(1):235-255
16. Chlebus E, Krot K
    CAD 3D models decomposition in manufacturing processes
    Archives of civil and mechanical engineering. 2016;16:20–29

17. Rui H, Shuseng Z, Xiaoliang B, Changhong X, Huang B
An effective subpart retrieval approach of 3D CAD models for manufacturing process reuse.
Computers in Industry. 2015;67:38-53

18. Sreeramulu D, Rao CSP
A new methodology for recognizing features in rotational parts using data exchange standard. International Journal of Engineering, Science and Technology.
2011;3(6):102-115

19. Arunkumar P, Deshpande AS, Kumar ACS
System for Extracting Product Features from CAD Models – A STEP Approach.
Contemporary Engineering Sciences. 2008;1(3):139-146

20. Jong WR, Lai PJ, Chen YW; Ting YH
Automatic process planning of mold components with integration of feature recognition and group technology.
International journal of advanced manufacturing technology. 2014; 78(5-8):807-824

21. Kamrani A, Nasr EA, Al-Ahmari A, Abdulhameed O, Mian SH
Feature-based design approach for integrated CAD and computer-aided inspection planning.
International journal of advanced manufacturing technology. 2015; 76(9-12):2159-2183

22. Qin F, Li L, Gao S, Yang X, Chen X
A deep learning approach to the classification of 3D CAD models.
J Zhejiang Univ-Sci C (Comput & Electron). 2014;15(2):91-106

23. Ip CU, Regli WC
A 3D object classifier for discriminating manufacturing processes.
Computers & Graphics. 2006;30:903–916

24. Gupta RK, Gurumoorthy B
Classification, representation, and automatic extraction of deformation features in sheet metal parts.
Computer-Aided Design. 2013;45:1469–1484

25. Nawara G, Elbaz MA, Attia
Parts Classification Based on Solid Model and Neural Networks.
Contemporary Engineering Sciences. 2010;3(8):395-417

26. Pernot JP, Giannini F, Petton C
Thin part identification for CAD model classification.
Engineering computations. 2015;32(1):62-85

27. Weibin L, Weiwei X, Baozong Y, Ming L
3D Model Classification based on Multiple Features. Integration.
2006 8th international Conference on Signal Processing. Beiijing, 16.11-20.11.2006

28. Ćosić P, Lisjak D, Antolić D
Regression analysis and neural networks as methods for production time estimation.
Tehnički vjesnik. 2011;18(4):479-484

29. Ćosić P, Babić A, Antolić, D
Process Selection, Sequence of Operations and Shape Complexity
Criteria for Process Improvement. Strojarstvo. 2010;52(1):5-15

30. Ćosić P, Antolić D, Gečevska V
Fast Estimation of Production Times as the Decision Support for Delivery Times and Production Costs.
Mechanical Engineering-Scientific Journal. 2007;26(1):87-96

31. Antolić, D, Ćosić P, Dolinšek S
Operation Sequencing as the Decision Basis for the Fast Process Planning
11th International Scientific Conference on Production Engineering CIM 2007 / Abele, E., Udiljak, T., Ciglar, D. (ur.), Zagreb : Hrvatska udruga proizvodnog strojarstva, Zagreb; 2007;53-60

32. Tabošak D
Studij rada
Tehnička knjiga Zagreb, 1987. ISBN 86-7059-047-6

33. Vodenik F, Gačnik V
Projektiranje tehnoloških procesa
Tehnička knjiga Zagreb, 1990. ISBN 86-7059-085-9

34. Fischer U, Heinzler M, Näher F, Paetzold H, Gomeringer R, Kilgus R, Oesterle S, Stephan A Tabellenbuch Metall - 43, neu bearbeitete und erweiterte Auflage , 2005 Verlag Europa Lehrmittel, ISBN 10 3-8085-1723-9, ISBN 13 978-38085-1723-9

35. Kraut B
Strojarski priručnik
Tehnička knjiga Zagreb, 1976.

ŽIVOTOPIS

Rođen 1962. godine u selu Sopot, grad Pregrada u Krapinsko –zagorskoj županiji. Hrvat. Oženjen.

Srednju tehničku školu „Nikola Tesla“ završio u Zagrebu 1980. godine.
Na „Fakultetu strojarstva i brodogradnje“ u Zagrebu diplomirao 1985. godine, u prvom redovnom roku.
2007. godine na FSB-Zagreb obranio magistarski rad pod nazivom „Procjena vremena izrade proizvoda regresijskim modelima“.
Služi se njemačkim i engleskim jezikom.

Osnivač i jedini vlasnik obrta, koji kontinuirano obavlja djelatnosti isključivo vezane uz strojarstvo i strojarsku proizvodnju.
Do 1990. godine vođenje proizvodnje sa preko 100 zaposlenih (pogoni alatnice, OOČ, obrade deformiranjem, te u manjoj mjeri i toplinske obrade i površinske zaštite).
1991. do 1998. godine pretežito vođenje proizvodnje i ugovaranje poslova za automobilsku industriju.
Od 1999. do 2004. projektiranje i vođenje proizvodnje prijelaznih naprava za mostove (dilatacije).
Od 2005. do 2007. vođenje restrukturacije tvrtke čija je osnovna djelatnost strojarska proizvodnja.
Od 2008. do 2009. objedinjavanje više proizvodnih tvrtki u zajedničku ponudu na tržištu.
Od 2010. do 2012. izrada rezervnih strojnih dijelova za domaće proizvodne tvrtke.
Od 2013. do 2015. godine više projekata po narudžbama tvrtki u cilju poboljšanja njihovih poslovnih, proizvodnih ili tehnoloških procesa.
2016. godina projekt „SOP – strojarska objedinjena proizvodnja“, internet aplikacija u izradi.

Objavio više znanstvenih radova u časopisima i na konferencijama.
Od 2007. godine do danas kontinuirano vodi vježbi na FSB-u, a povremeno na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu i Veleučilištu u Varaždinu.

Vlasnik patenta P20090687, i verbalnog žiga „TELESKLOP“.
2017. godine predao je zahtjev za priznavanje patenta vezanog uz OTP metodu.

Bio je predsjednik obrtničke komore Krapinsko zagorske županije od 1994.do 2004. i predsjednik ceha proizvodnih djelatnosti HOK-e od 1995. do 2002. godine.

1985. godine dobitnik nagrade Sveučilišta u Zagrebu (Rektorova nagrada) za rad „Primjer mogućnosti primjene ergonomskih načela u praksi“.
Dobitnik brojnih priznanja za doprinos razvoju obrtničkog sustava u RH.
Dobitnik „ Zlatne medalje“ na izložbi „INOVA 2011“.
2014. godine proglašen doživotnim počasnim predsjednikom Obrtničke komore Krapinsko-zagorske županije.

Popis objavljenih djela:

1. Ćosić P, Babić A, Antolić D. Process Selection, Sequence of Operations and Shape Complexity - Criteria for Process Improvement. // Strojarstvo. 52 (2010) , 1; 5-15

2. Ćosić P, Lisjak D, Antolić D. Regression analysis and neural networks as methods for production time estimation. // Tehnički vjesnik. 18 (2011) , 4; 479-484

3. Ćosić P, Lisjak D, Antolić D. The iterative multiobjective method in optimization process planning. // Tehnički vjesnik. 17 (2010) , 1; 75-81

4. Ćosić P, Lisjak D, Antolić D. Multiobjective optimization in process planning // 20th International conference flexible automation and intelligent manufacturing 2010 (FAIM 2010). Oakland, California, USA 12-14 July 2010. Volume 2,700-707

5. Ćosić P, Antolić D, Gačevska V. Fast Estimation of Production Times as the Decision Support for Delivery Times and Production Costs. // Mechanical Engineering-Scientific Journal, 26 (2007) , 1; 87-96

6. Ćosić P, Antolić D, Oluić Č. Production Time Estimation as the Part of Distributed Manufacturing // Eight International Conference on Advanced Manufacturing Systems and Technology Proceedings (AMST'08) : Conference proceedings / Kuljanić, Elso (ur.). Udine : CISM, International Centre for Mechanical Sciences, 2008. 315-326

7. Ćosić P, Antolić D. Fast process planning : one of the criteria for better competitiveness // Proceedings of the Global Conference on Production and Industrial Engineering (CPIE-2007) / Bhardwaj, Arvinf ; Gupta, Ajay ; Bedi, Raman ; Sharma, Vishal S (ur.) Jalandhar : Excel India Publishers, 2007.

8. Ćosić P, Antolić D, Milić I. Web oriented sequence operations // Proceedings of the 19th International Conference on Production Research "The Development of Collaborative Production and Service Systems in Emergent Economics" / Ceroni, Jose (ur.). Valparaiso: School of Industrial Engineering, Pontifical Catholic University of Valparaiso, 2007

CURRICULUM VITAE

Born in 1962 in the village of Sopot, town of Pregrada in Krapina-Zagorje County. Croatian. Married.

Graduated from the Secondary Technical School "Nikola Tesla" in Zagreb in 1980.
Graduated from the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture in Zagreb in 1985, in the first regular term.
In 2007, defended a master's thesis titled "Product Manufacturing Time Assessment Using Regression Models".
Speaks German and English.

The founder and sole owner of a craft business which continually operates solely in the fields of mechanical engineering and manufacturing.
Until 1990 managed a manufacturing facility with more than 100 employees (tool shop installations, material removal, metal forming, heat treating and surface protection).
From 1991 to 1998 primarily worked in production management and negotiating contracts for automotive industry.
From 1999 to 2004, designed and managed the manufacturing of bridge expansion joints. From 2005 to 2007, managed the restructuring of a company whose core business was manufacturing.
From 2008 to 2009, worked on consolidating several manufacturing companies for joint market approach.
From 2010 to 2012, manufacturing of spare machine parts for domestic manufacturing companies.
From 2013 to 2015, carried out several projects commissioned by different companies with the aim of improving their business, manufacturing or technological processes.
In 2016, project "UM - unified manufacturing", a web application, currently in development.

Published a number of research papers in scientific journals and presented at conferences. From 2007 until present, continually worked as a teacher at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, periodically at Zagreb University of Applied Sciences (TVZ) and Varaždin Polytechnic (VELV).

Owner of the patent P20090687 and the verbal trademark "TELESKLOP". In 2017, submitted a patent application for the BTP method.

Served as the chair of the Krapina-Zagorje County Chamber of Trades and Crafts from 1994 to 2004 and the chair of County Chamber's manufacturing guild from 1995 to 2002.

In 1985 received the University of Zagreb award (Rector's Award) for the paper "An Example of the Possibility of Practical Application of Ergonomic Principles".
Winner of numerous awards for contribution to the development of the trades and crafts system in the Republic of Croatia.
Gold medal winner at INOVA 2011 exhibition.
In 2014, proclaimed perpetual honorary chair of the Krapina-Zagorje County Chamber of Trades and Crafts.

PRILOZI

Redni broj	Oznaka	Naziv priloga	Komentar priloga	Listova
1	**A**	Količine u mOTP	Automatizacija kvantificiranja graničnih količina pri izboru primarnog procesa i veličina serije u radnim operacijama	40
2	**B**	Procjena cijene u mOTP	Procjena cijene koštanja specijalnog alata na temelju značajki njegova izratka	30
3	**C**	Dodatna značajka „RUPA“ u mOTP	Algoritam za dohvat podataka iz 3DM na način da se u stablo modela dodaju posebne značajke, koje ne utječu na sam 3DM	19
4	**D**	Zamisao primjene metode projiciranih zraka na 3DM u mOTP	Temelji algoritama za mjerenje geometrije 3DM alatom za projiciranje zraka na 3DM.	24
5	**E**	Oblici presjeka u mOTP	Uvjeti za prepoznavanje oblika presjeka metodom projiciranja radijalnog seta zraka	21

Brojevi u zadnjem stupcu u tablici označavaju ukupni broj stranica priloga
Prilozi su sastavni dio disertacije.
5 osnovnih priloga disertaciji je ukoričeno na ukupno 134 stranice.
Naslovna stranica svakog priloga je na stranici posebne boje, kao što je prikazano u stupcu „Oznaka“ u popisu priloga

PRILOG A

KOLIČINE U METODI OSNOVNOG TEHNOLOŠKOG PROCESA

SADRŽAJ

SAŽETAK II
KLJUČNE RIJEČI III
POPIS JEDNADŽBI VEZANIH UZ VRIJEME IZRADE IV
POPIS SLIKA V
POPIS TABLICA VI
UVOD 7
1. OTP LIST 8
2. KOLIČINE 10
LITERATURA 39
PRILOZI 40

SAŽETAK

Rad se bavi mogućnošću automatiziranog kvantificiranja graničnih količina za izbor primarnog procesa, te izračuna optimalnih veličina serije za radne postupke kao operacije u tehnološkom procesu.

Problem je zavisnost potrebne količine izradaka o promjenljivim tržišnim uvjetima, što rezultira raznolikošću veličina serija za isti izradak.
Značajna razlika u potrebnom broju izradaka može za isti izradak značiti odabir potpuno različitih tehnoloških procesa, a to u samom začetku onemogućuje pokušaj automatizacije projektiranja tehnološkog procesa.

Cilj je određivanje jedinstvene veličina serije za svaki konkretan izradak, na temelju koje je moguće projektirati jedinstveni tehnološki proces.
Pretpostavka je da su poznati podaci o ukupnoj potrebnoj količini, te da se troškovi specijalnih alata, vrijeme pripreme i vrijeme rada mogu relativno dobro procijeniti.

Kao mogući primarni procesi definirane su 4 osnovne vrste obrade.
Trošak svake vrste obrade obzirom na broj komada može se iskazati jednadžbom pravca.
Granični broja komada za odabir primarnog procesa je točka u kojoj se međusobno sijeku pravci koji predstavljaju određenu vrstu obrade kao primarni proces.
Rješenje je matrica sjecišta pravaca koja se izračunava na temelju seta jednadžbi za sve moguće kombinacije odabranih vrsta obrade.

Veličina serije određuje se za svaki tehnološki postupak kao operaciju u tehnološkom procesu.
Neovisno o vrsti tehnološkog postupka veličine serije se određuju na temelju kriterija troška (komadno vrijeme) i fleksibilnost (zauzetost kapaciteta).
Kriterij troška definira se koeficijentom troška, a kriterij fleksibilnosti koeficijentom fleksibilnosti.
Obzirom na koliziju kriterija, rezultat je u pravilu interval veličine serije.
Optimizacija veličine serije, unutar granica intervala, izvršena je po metodi izjednačavanja odstupanja koeficijenata od željenih vrijednosti.
Rješenje je kvadratna jednadžba kojom se na temelju definiranih vrijednosti koeficijenata i vremena pripreme i vremena rada kvantificira optimalna veličina serije.

Obzirom na odnos ukupne količine i optimalne veličine serije, određuje se i broj serija u kojem će se ukupna količina proizvesti.
Na temelju odnosa ukupne količine i broja serija izračunava se veličina serije za pojedinu operaciju u tehnološkom postupku.

Mogućnost primjene utvrđenih jednadžbi prikazan je u dvije MS EXCEL aplikacije, koje su priložene uz ovaj rad.

Oba rješenja su u potpunosti matematički definirana, odnosno iskazana u zapisu matematičkih jednadžbi koje je moguće ugraditi u bilo koji algoritam, pa tako i u OTP algoritam.
Ovime je ispunjena jedna od temeljnih pretpostavki automatizacije projektiranja tehnoloških procesa.

KLJUČNE RIJEČI

T-01	Tablica ključnih riječi	01-01
KLJUČNE RIJEČI		
Redni broj	***Hrvatski***	
1	osnovni tehnološki proces (OTP)	
2	projektiranje tehnoloških procesa (PTP)	
3	primarni proces	
4	vrste obrade	
5	veličina serije	
6	komadno vrijeme izrade	
7	vrijeme pripreme	
8	vrijeme rada	
9	koeficijent troška	
10	koeficijent fleksibilnosti	

POPIS JEDNADŽBI VEZANIH UZ VRIJEME IZRADE

T-02	Tablica popisa jednadžbi			01-01
POPIS JEDNADŽBI				
Redni broj	Oznaka	***Jednadžba***	***Naziv jednadžbe***	***Izvor***
1	J-01	$n_{g12} = \frac{T_{AU_2} - T_{AU_1}}{k_{TI_1} - k_{TI_2}}$	granična količina za izbor primarnog procesa	J-01-014
2	J-02	$t_1 = \frac{t_P}{n_s} + t_R \quad \left(\frac{min}{kom}\right)$	komadno vrijeme	J-02-020
3	J-03	$t_s = t_1 \times n_s \quad (min)$	ukupno vrijeme za seriju	J-03-020
4	J-04	$t_s = t_P + n_s \times t_R \quad (min)$	ukupno vrijeme za seriju („razvijena jednadžba)	J-04-020
5	J-05	$k_T = \frac{t_P}{n_s \times t_R}$	koeficijent troška	J-05-022
6	J-06	$n_{sT} = \frac{t_P}{k_{T_{otp}} \times t_R}$	granična veličina serija po trošku	J-06-022
7	J-07	$k_F = t_P + n_s \times t_R$	koeficijent funkcionalnosti	J-07-023
8	J-08	$n_{sF} = \frac{k_{F_{otp}} - t_P}{t_R}$	granična veličina serija po funkcionalnosti	J-08-023
9	J-09	$t_P = \frac{k_F \times k_T}{(1 + k_T)}$	granično pripremno vrijeme	J-09-024
10	J-10	$n_{sTF} = \frac{-k_T \times t_P \times t_R + \sqrt{(k_T \times t_P \times t_R)^2 - 4 \times (k_T \times t_R^2) \times (-k_F \times t_P)}}{2 \times k_T \times t_R^2}$	vrijeme izrade serije	J-10-035
11	J-11	$n_{ns} = \frac{n_u}{n_{sTF}}$	broj serija	J-11-037
12	J-12	$n_s = \frac{n_u}{n_{ns}}$	veličina serije	J-12-038

POPIS SLIKA

T-03	Tablica popisa slika	01-01
POPIS SLIKA		
Redni broj	***Oznaka***	***Naziv slike***	***Izvor***
1	S-01	Obrazac OTP list	S-01-010
2	S-02	Dijagram graničnih količina primarnog procesa	S-02-016
3	S-03	Matrica graničnih količina primarnog procesa	S-03-017
4	S-04	MS Excel aplikacija za izračun graničnih količina pri izboru primarnog procesa	S-04-018
5	S-05	Grafički prikaz sjecišta pravaca usluga	S-05-025
6	S-06	Dijagram veličine serije za slučajeve u kojima je pripremno vrijeme jednako 125,83 min	S-06-025
7	S-07	Odnos graničnih veličina serije obzirom na vrijeme pripreme	S-07-026
8	S-08	Interval veličine serije	S-08-027
9	S-09	Odnos graničnih veličina serije obzirom na vrijeme pripreme	S-09-027
10	S-10	Razlika utroška vremena i zauzetosti kapaciteta na granicama intervala veličine serije	S-10-028
11	S-11	a – vrijeme pripreme raste, a vrijeme rada pada b – vrijeme pripreme jednako je vremenu rada	S-11-028
12	S-12	Metoda srednje vrijednosti	S-12-030
13	S-13	Metoda srednje vrijednosti	S-13-031
14	S-14	Metoda ograničenja dominantnog kriterija	S-14-032
15	S-15	Metoda podjele područja	S-15-033
16	S-16	Metoda izjednačavanja odstupanja oba koeficijenta	S-16-035
17	S-17	Metoda kalendarskog tjedna	S-17-037
18	S-18	MS Excel aplikacija za izračun veličine serije u OTP-u	S-18-039

POPIS TABLICA

T-04	Tablica popisa tablica			01-01
POPIS TABLICA				
Redni broj	Oznaka	***Naziv tablice***	Listova	Izvor
1	T-01	Ključne riječi ovog rada	1	T-01-IV
2	T-02	Popis jednadžbi u ovom radu	1	T-02-V
3	T-03	Popis slika u ovom radu	1	T-03-VI
4	T-04	Popis tablica	1	T-04-VII
5	T-05	Usporedbena tablica svih metoda optimalizacije	1	T-05-036
6	T-06	Literatura	1	T-06-040
7	T-07	Prilozi	1	T-07-041

UVOD

Optimizacija projektiranja tehnoloških procesa moguća je na svim njegovom razinama, a ideal je automatizirano projektiranje tehnoloških procesa, bez potrebe za ljudskim radom (tehnologom) u samom procesu projektiranja.
Iako su na razini jedne tehnološke operacije, razvojem CAM aplikacija postignuti rezultati koji gotovo da graniče sa potpunom automatizacijom, na razini cjelovitog tehnološkog procesa postojeće stanje je još daleko od željenog. [1]

Posebno se to odnosi na odabir primarnog procesa, za koji postoje samo općeniti naputci, uglavnom uvjetovani većim brojem nepoznanica za koje se očekuje da ih definira tehnolog.
Izbor polaznog materijala proizlazi iz primarnog procesa, ali u praksi se ni on ne određuje automatizirano. Čak i ako se zanemari problem „dostupnosti“ materijala, i dalje je to zadaća tehnologa. [2]

Izbor tehnoloških postupaka kao operacija u tehnološkom postupku poseban je problem iz razloga neprekidnog tehnološkog razvoja, odnosno raznolikosti dostupnih tehnoloških mogućnosti. Razvijaju se strojevi koji mogu u jednom stezanju obrađivati više površina, što dodatno otežava automatizaciju izbora optimalnog tehnološkog procesa. [3]

Da bi se problem raznolikosti mogao riješiti autor ovog rada je osmislio novo i originalno rješenje problema pod nazivom osnovni tehnološki proces (OTP).
OTP je model odlučivanja u projektiranju tehnoloških procesa kojeg je moguće u potpunosti automatizirati, budući se temelji na brzim, jednostavnim i relativno pouzdanim obrascima odlučivanja. [4]

Jedna od pretpostavki OTP modela je i postojanje jedinstvenih OTP količina, odnosno jednoznačna mogućnost izračuna graničnih količina za izbor primarnog procesa i veličina serije u radnim operacijama tehnološkog procesa.

Ovo istraživanje mogućnosti automatiziranog izračuna OTP količina, sastavni je dio cjelovitog istraživanja koje autor ovog rada provodi nakon objave svog magistarskog rada.
Planirano je da rezultati ovog istraživanja, u ovom trenutku objedinjeni u seminarski rad, budu sastavni dio možebitnog autorovog doktorskog rada.
Prvobitna zamisao je da cijeli ovaj rad bude jedno poglavlje u disertaciji, a moguće je da će se kao cjelina postati prilog disertaciji.
U tom slučaju bi se u poglavlju vezanom uz definiranje količina u OTP-u izdvojile samo osnovne utvrđene jednadžbe uz njihov kraći opis.

Iako ovaj rad može biti samostalan i kao takav prezentiran na stručnoj konferenciji, ili objavljen kao članak u nekom od stručnih časopisa, kao seminarski rad pisan je na način koji podrazumijeva da je dio jedne veće cjeline.
Iz tog razloga se i u samom tekstu ovog rada ne opisuju detaljno vezani elementi OTP-a, nego se na njih samo ukazuje na način da su već ranije opisani.
Obzirom na količine u OTP-u ovaj rad je potpuno zaokružena cjelina, a njegovi rezultati se mogu jednoznačno primijeniti u sklopu budućeg cjelovitog algoritma OTP-a.

1. OTP LIST

Tijekom projektiranja tehnološkog procesa u različitim njegovim koracima definiraju se različite značajke vezane uz proces proizvodnje - ostvarenja (izrade) proizvoda.
Obzirom na svrhovitost, značajke nastale projektiranjem tehnološkog procesa mogu se podijeliti u dvije osnovne skupine, i to:

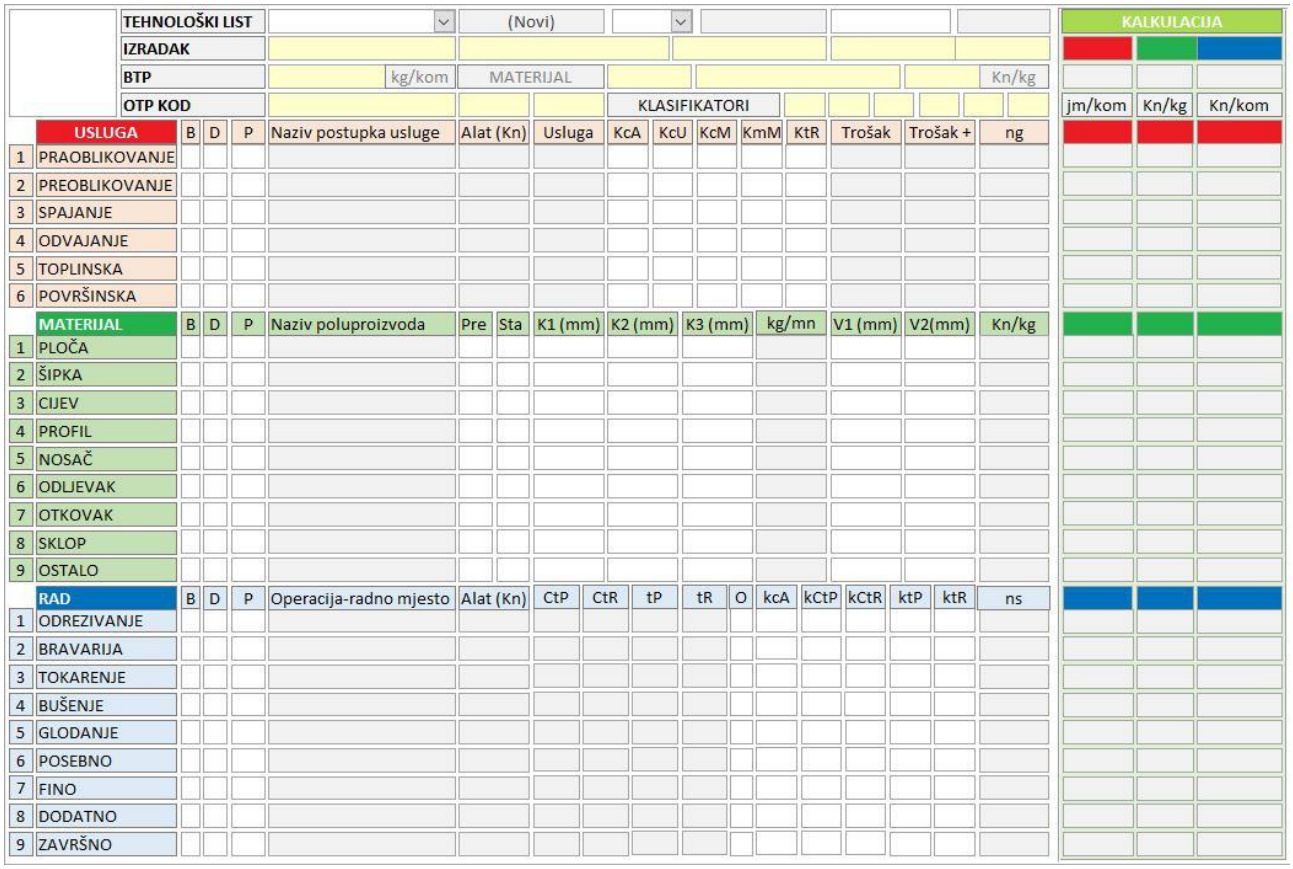
- TEHNOLOŠKI PARAMETRI
  - PODACI POTREBNI ZA IZRAVNU PRIMJENU U PROIZVODNOM PROCESU
    - *polazni materijal* *(u OTP-u uglavnom izbor standardnih poluproizvoda – repromaterijala")*
    - *redoslijed operacija* *(potrebni tehnološki postupci, njihov broj i redoslijed)*
    - *režimi rada* *(vrlo rijetko u OTP-u)*
    - *vremena izrade* *(uglavnom komadno vrijeme potrebno za planiranje proizvodnje)*
    - *cijena koštanja* *(zbirni podaci tehnološkog postupka potrebni za kalkulaciju)*
- POMOĆNE VARIJABLE
  - PODACI POTREBNI ZA MEĐUFAZNE IZRAČUNE TIJEKOM PROJEKTIRANJA
    - *nezavisne varijable* *(ulazni podaci definirani izratkom)*
    - *pomoćne varijable* *(koriste se za izračun drugih pomoćnih varijabli, ili tehnoloških parametara)*
    - *poluzavisne varijable* *(značajke koje ovise i o prethodno izračunatim varijablama)*
    - *proizvodne količine*

Tehnološki parametri su rezultat projektiranja tehnološkog procesa i kao takvi dostatni za primjenu u proizvodnji, ali je za provjeru rezultata dobro imati na uvid i neke od pomoćnih varijabli na kojima se temelje rezultati.
Posebno je to značajno za OTP-a kod kojeg se cijeli proces projektiranja odvija automatizirano, pa tehnolog pri ocjeni prihvatljivosti rezultata ne može koristiti bilješke, ili sjećanje vezano uz postupak projektiranja, odnosno nema podataka o pomoćnim varijablama na temelju kojih su rezultati izračunati.

Uzimajući u obzir upravo tu činjenicu, potrebno je omogućiti osobi koja analizira rezultat OTP-a uvid u pomoćne varijable.
Budući je OTP algoritam koji počiva na podacima u bazi podataka, uvjet uvida u podatke lako je ostvarljiv različitim izvještajima iz baze podataka. Pri tome je značajnije voditi računa o tome da se ne prikazuje previše podataka, budući da problem nemogućnosti prezentacije određenog željenog podatka praktički ne postoji.

Vrlo lako se upadne u zamku predimenzioniranih izvješća sa puno nepotrebnih dokumenata koji iziskuju puno više vremena tehnologu u analizi rezultata OTP-a.
Ukoliko se još propišu postupci po kojima tehnolog svaki od tih dokumenata posebno mora ovjeriti, lako je moguće da bi se ušteda vremena rada tehnologa, koja je dobivena OTP-om, mogla izgubiti u naknadnoj analizi dokumentacije.

Pretpostavka je da će, zavisno o vrsti proizvoda i osobnom znanju tehnologa ili osobe koja analizira rezultate OTP-a, biti poželjno definirati točno određene dokumente.
Ipak, ovim radom definiran je sadržaj i izgled osnovnog dokumenta vezanog uz rezultate OTP-a, za koji se smatra da je općenito prihvatljiv i dostatan za primjenu.
Ovaj dokument je nazvan OTP LIST, a prikazan je na slici S-01.



| | | |

2. KOLIČINE

Na cijenu koštanja izratka utječe više različitih faktora, koji se mogu podijeliti u tri osnovne skupine:

- NEPROMJENLJIVI FAKTORI
  - ZNAČAJKE IZRATKA
    - *kvaliteta materijala*
    - *veličina i masa*
    - *izgled (oblik izratka)*
    - *zahtjevi (točnost, hrapavost, tvrdoća)*
    - *…*
- RIJETKO PROMIJENLJIVI FAKTORI
  - TEHNOLOŠKI POTENCIJAL
    - *instalirani strojevi i oprema*
    - *ispravni strojevi i oprema*
    - *slobodni strojevi i oprema (ne zauzeti kapaciteti)*
    - *…*
- PROMIJENLJIVI FAKTORI
  - PROIZVODNE KOLIČINE
    - *ukupna količina*
    - *veličina serije*
    - *rok isporuke*
    - *…*

Značajke izratka i tehnološki potencijal definiran je u ranijim poglavljima, a ovdje se dodatno definiraju proizvodne količine.
Upravo iz razloga što se radi o promjenljivim faktorima, za automatizirano projektiranje tehnoloških procesa (OTP) potrebno je unaprijed definirati moguće podatke vezane uz proizvodne količine.
Količine u OTP-u mogu se iskazati u različitim jedinicama mjere:

- JEDINICE MJERE
  - KOMAD (kom)
    - *najčešća jedinica mjere u OTP-u*
    - ***zadana vrijednost u bazi podataka***
  - KILOGRAM (kg)
    - *masa - uglavnom zavarenih sklopova (čelične konstrukcije)*
    - *potrebno je razlikovati neto i bruto masu*
  - METAR (m)
    - *duljina - uglavnom za određene vrste poluproizvoda*
    - *ponekad za posebne vrste proizvoda kao npr. ograde*
  - METARA ČETVORNIH (m^2)
    - *površina – uglavnom za određene usluge površinske zaštite*
    - *ponekad za posebne vrste proizvoda kao npr. ograde, stijene, podeste,…*
  - METARA PROSTORNI (m^3)
    - *volumen – ponekad se umjesto komada iskazuje zapremnina izratka po komadu*
    - *u strojarskoj proizvodnji rijetko, ali u procesnoj industriji često može biti „litra“*

Za napomenuti je da se ista količina proizvoda može automatizirano izraziti u različitim jedinicama mjere, npr. može se ograda izraziti i u kilogramima i u metrima kvadratnim.

Najčešća jedinica mjere u OTP-u je komad, pa se kao OSNOVNA JEDINICA KOLIČINE za proizvodnu količinu u OTP-u definira upravo jedinica mjere ***komad*** (kom).
U slučaju kada je zadana jedinica kojom se mjeri količina izradaka različita od jedinice mjere „komad“, potrebno je zadanu jedinicu mjere svesti na OTP osnovnu jedinicu količine, dakle na ***komad***.
„Pretvaranje“ zadane u osnovnu jedinicu temelji se na ostalim značajkama izratka i može se izvršiti automatizirano.
Na primjer:
Kvadratna čelična cijev 40x40x2 količina 4 m
(jedinična masa =2,46 kg/m - iz tabele ili računski)

IZRADAK	JEDINICE MJERE			
	ZADANA	OSNOVNA	IZVEDENE	
Kvadratna cijev 40x40x2	m	**kom**	m2	m3
Jedinična masa 2,46 kg/m	4	**1**	0,16	0,0064

Količinski faktori razlikuju se obzirom na dinamiku isporuka:

PLANIRANA KOLIČINA

- n_p UKUPNA KOLIČINA KOJA SE PLANIRA ISPORUČITI
  - *ukupna planirana količina kroz cijeli period (zbroj svih pojedinačno isporučenih količina)*
  - *marketinška ili prodajna procjena maksimalne količine proizvoda*
  - ***zadana količina od strane kupca, ili procjena tržišnog potencijala za vlastite proizvode***

PROIZVODNE KOLIČINE

- n_u UKUPNA KOLIČINA
  - *ukupna planirana proizvodna količina (temelji se na procjeni ostvarljivosti n_p)*
  - *ograničava se na određeni broj komada obzirom na alate i naprave*
- n_s VELIČINA SERIJE
  - *planirana količina koja će se jednokratno proizvoditi (u jednom kontinuiranom ciklusu)*
  - *trošak pripreme smanjuje se sa povećanjem broja komada u seriji*

POMOĆNE KOLIČINE

- n_{gi} GRANIČNA KOLIČINA
  - *granična količina za izbor primarnog procesa (usluge)*
  - *i ide od 1 do 4 (1=praoblikovanje; 2=preoblikovanje; 3=spajanje; 4= odvajanje)*
- n_{Ai} TRAJANJE ALATA
  - *broj komada koji se može proizvesti sa jednim specijalnim alatom*
  - *odnosi se uglavnom na alate za usluge – primarni proces (i-usluga)*
- n_{ns} BROJ SERIJA
  - *predstavlja broj proizvodnih ciklusa u određenom periodu*
  - *određuje se maksimalni period od godinu dana (12 mjeseci)*
  - *ako je n_{ns} zadan, tada vrijedi $n_s=n_u/n_{ns}$; ili $n_u=n_s \times n_{ns}$*
  - *ako n_{ns} nije zadan, tada vrijedi $n_{ns}= n_u/n_s$*

Budući su proizvodne količine promjenljivi faktori, praktički to znači da za jedan izradak ne postoji jedinstven tehnološki proces, odnosno da isti izradak može imati i više cijena koštanja.
S druge strane, temeljna zamisao OTP-a je da za svaki izradak postoji jedan (osnovni) način izrade, pa prema tome i jedna cijena koštanja.
Da bi se to moglo ostvariti potrebno je utjecaj promjenljivih faktora svesti na minimalnu moguću mjeru.
U ovom slučaju potrebno smanjiti broj promjenljivih faktora, i automatizirano ih kvantificirati na temelju planirane količine.

Planirana količina $(\boldsymbol{n_P})$
Planirana količina je polazni podatak, i treba biti sastavni dio podataka vezanih uz 3D model.
Uobičajeno je da se određene aktivnosti procesa marketinga i razvoja vremenski preklapaju, te je za očekivati da će se u fazi razvoja u kojoj se detaljno definira proizvod (3D modeli pozicija i sklopova), već biti poznate okvirne moguće količine proizvoda koji je moguće prodati na tržištu.

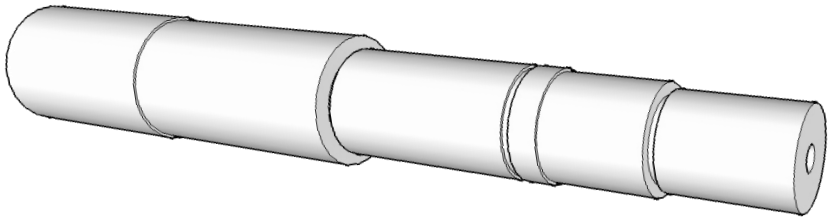
Ukoliko se radi o izradi pozicija bez vlastitog razvoja (na temelju upita druge tvrtke), potrebno je procijeniti realnost planirane količine. Nije rijedak slučaj u praksi da potencijalni kupac u upitu navede veću količinu, od stvarno planirane za narudžbu, i to upravo iz razloga da dobije što povoljniju cijenu izratka.
Poseban je slučaj kada kupac naručuje uzorak izratka (veličina serije = 1) uz „obećanje“ da će, ako sve bude u redu kasnije naručiti veću količinu. Za manje izratke dobavljači često pristaju na besplatnu izradu uzoraka. To svakako nije dobar pristup od strane dobavljača, tim više što su poznati i slučajevi kada kupac naručuje na više mjesta „uzorke“, čime zadovoljava ukupnu potrebnu količinu, praktički besplatno.
U svim ovim slučajevima potencijalni dobavljač bi se trebao zaštiti ograničenjem valjanosti ponuđene cijene obzirom na odstupanje količine.

Ponekad se od dobavljača izričito traži da ponudi cijene izratka za različite veličine serije, čime se sugerira dobavljaču da će kupac planiranu količinu preuzimati kroz određeni vremenski period u više navrata.
Ovaj zahtjev može ukazivati i na činjenicu da ni sam kupac još nema jasnu informaciju o količini izradaka koju stvarno može prodati na tržištu.
Upit sa cijenama vezanim uz veličine serije može značiti i da kupac želi provjeriti kompetentnost dobavljača.

U svakom slučaju, planirana količina je ulazni podatak, i uz nju se vežu sve daljnje aktivnosti vezane uz planiranje tehnoloških procesa, a time i definiranje cijene koštanja.
Kvantificiranje planirane količine nije posao tehnologa, pa se i u OTP-u smatra da je planirana količina verificirana od odgovorne osobe, te kao takva valjani podatak za sve daljnje aktivnosti.

Primjer problema:
Za osovinu prema modelu A1, koja se planira proizvesti u količini od 74.000 komada potrebno je kvantificirati OTP količinske faktore, kako bi se mogao izvršiti automatizirani proračun cijene koštanja osovine po OTP metodi.

Zadano
model izratka = A1
n_p = 74.000



Traži se

n_u	ukupna količina
n_s	veličina serije
n_{g12}	praoblikovanje - preoblikovanje
n_{g13}	praoblikovanje - spajanje
n_{g14}	praoblikovanje - odvajanje
n_{g23}	preoblikovanje - spajanje
n_{g24}	preoblikovanje - odvajanje
n_{g34}	spajanje - odvajanje
n_{AU1}	trajanje alata za praoblikovanje
n_{AU2}	trajanje alata za preoblikovanje
n_{AU3}	trajanje alata (naprava) za spajanje
n_{AU4}	trajanje naprava za odvajanje
n_{ns}	broj proizvodnih serija (rad)

n_{gij} se odnosi na granični broj komada u kojem je cijena koštanja jednaka za izradu odabirom bilo kojeg od dva promatrana primarna procesa. Usporedbom svih vrijednosti sa ukupnom količinom odabire se primarni proces.

n_{AUi} se odnosi na prosječno trajanje alata do potrošenosti, uzimajući u obzir i potrebne dorade i popravke (obnove) alata

**sve tražene podatke iskazati u jedinici mjere komad (kom)*

Rješavanje problema – ukupna količina n_u
Pretpostavka je da su poznati podaci o trajanju specijalnih alata (n_{Ai}).
Da bi ova pretpostavka bila zadovoljena u algoritam se uključujući dostupni podaci temeljeni na postojećim istraživanjima, a mogu se izvršiti i vlastita istraživanja koja uključuju i dodatne koeficijente trajnosti alata, a koji su vezani uz značajke izratka.
Pri tome je potrebno voditi računa da u modelu budu uključena osnovna moguća stanja specijalnih alata s gledišta funkcionalnosti:

- OŠTEĆENOST
  - *potrebna manja dorada na alatu (najčešće u samoj proizvodnji – ručna dorada)*
- ISTROŠENOST
  - *potrebna obnova alata (najčešće u radionici za održavanje alata – brušenje)*
- POTROŠENOST
  - *potreban novi alat (postojeći alat se više ne može obnoviti, ili obnova nije isplativa).*

Obzirom na troškove popravka i obnove alata, može se odrediti količina izradaka na kojoj se amortizira trošak alata, i ta količina u OTP-u postaje ukupna količina (n_u).

Općenito vrijedi da je:

$$n_{u_{max}} = 50.000 \quad \rightarrow \quad n_p \geq 50.000$$
$$n_u = n_{AU_i} \quad \rightarrow \quad n_p \geq n_{AU_i}$$
$$n_u = n_p \quad \rightarrow \quad n_p < n_{AU_i}$$

Pri tome se količine određuju na temelju propisanih parametara specijalnog alata za odabranu obradu izborom primarnog procesa (i ide od 1 do 4).

Rješavanje problema – granične količine za izbor primarnog procesa n_{gii}

Pretpostavka je da su poznati podaci o trošku specijalnih alata za svaku od 4 vrste obrade (T_{AUi}), ali i o ostalim troškovima vezanim uz svaku od 4 vrste obrade.

Obrade primarnog procesa u OTP-u se nazivaju usluge, a za izračun ukupnog troška izrade potrebno je trošku usluge pribrojiti i eventualno potreban trošak rada nakon usluge:

- TROŠAK ALATA USLUGE $(\boldsymbol{T_{AU_i}})$
  - *ukupni trošak alata (uključuje trošak izrade i troškove dorade i obnove)*
  - *dijeli se sa ukupnim brojem komada*
- TROŠAK MATERIJALA USLUGE $(\boldsymbol{T_{MU_i}})$
  - *kod lijevanja može biti značajno različit od cijene standardnih poluproizvoda*
  - *može se odnositi na ukupnu količinu, ili po jediničnoj količini*
- TROŠAK OBRADE USLUGE $(\boldsymbol{T_{OU_i}})$
  - *najčešće je to procjena troška rada po jediničnoj masi izratka*
  - *može se odnositi na ukupnu količinu, ili po jediničnoj količini*
- TROŠAK RADA NAKON USLUGE $(\boldsymbol{T_{NU_i}})$
  - *vrlo često postoji potreba za postupcima nakon primarnog procesa*
  - *dodatne operaciju su uglavnom postupci obrade odvajanjem čestica*
  - *ovaj trošak ovisi o stupnju gotovosti izratka nakon usluge*

Stupanj gotovosti je pokazatelj odnosa između potrebnog troška izrade nakon usluge i potrebnog troška izrade kada primarnog procesa ne bi bilo, nego bi se izradak radio obradama odvajanjem čestice iz nekog od standardnih poluproizvoda.

$$k_{G_i} = \frac{T_{NU_i}}{T_{OU_{i=4}}}$$

Trošak izrade bez primarnog procesa procjenjuje se na temelju istraživanja, a može se automatizirano izračunati u OTP-u, te se ova vrijednost pohranjuje kao trošak usluge odvajanjem.

Ukoliko je stupanj gotovosti poznat, trošak rada nakon usluge lako se kvantificira po jednadžbi:

$$T_{NU_i} = k_{G_i} \times T_{OU_{i=4}} \qquad \left(Kn\,;\,\frac{Kn}{kom}\right)$$

Jedinica mjere je određena jedinicom mjere troška usluge odvajanjem.

Obzirom na značajke izratka za svaku vrstu obrade mogu se procijeniti elementi troška izrade, a općenito vrijedi jednadžba:

$$\boldsymbol{T_{I_i} = \frac{T_{AU_i}}{n_u} + T_{MU_i} + T_{OU_i} + T_{NU_i}} \qquad \left[\frac{\boldsymbol{Kn}}{\boldsymbol{kom}}\right]$$

Moguća je i druga jedinica mjere (valuta i jedinica količine), a moguć je izračun troška izrade za ukupnu količinu prema jednadžbi:

$$T_{I_i} = T_{AU_i} + n_u \times \left(T_{MU_i} + T_{OU_i} + T_{NU_i}\right) \qquad [Kn]$$

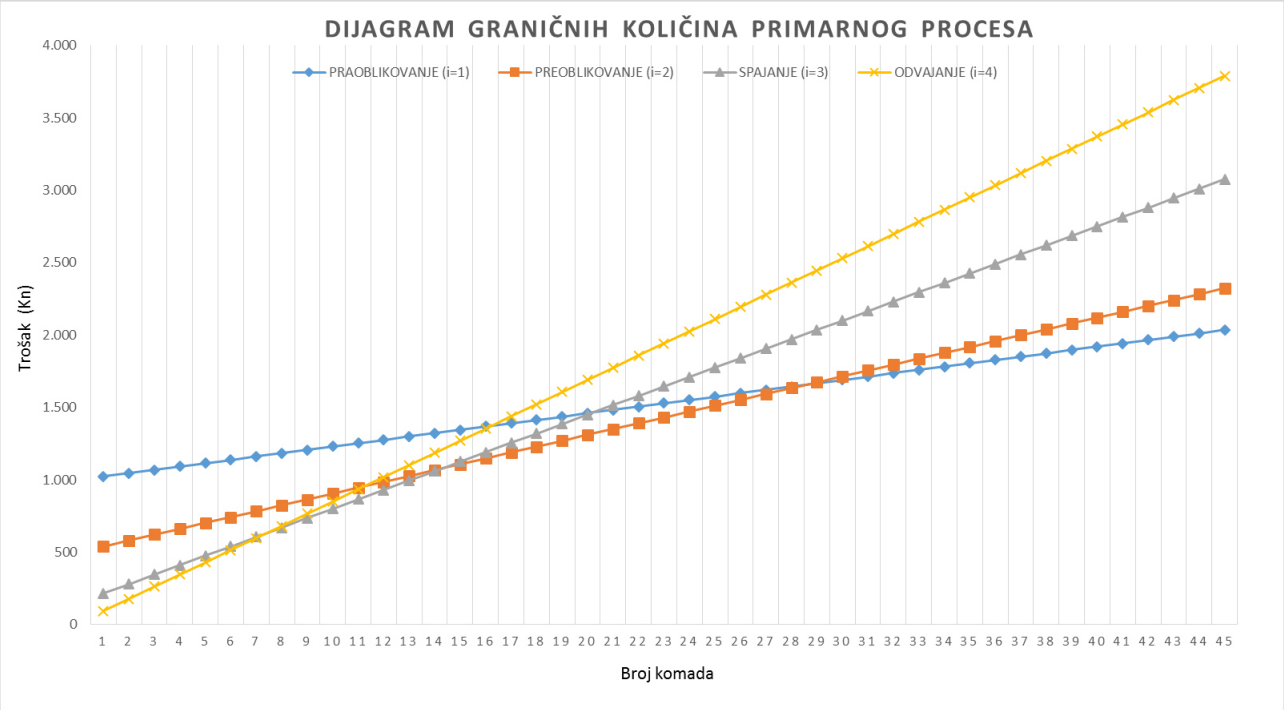
Svi elementi jednadžbe, osim ukupne količine, za pojedinu uslugu i određeni izradak su nepromjenljivi, što ukazuje na linearnu promjenu troška obzirom na količinu.

Klasična jednadžba pravca:

$$T_{I_i} = T_{AU_i} + n_u \times k_{TI_i}$$

gdje je: $k_{TI_i} = \left(T_{OU_i} + T_{MU_i} + T_{NU_i}\right)$

Uobičajeni kriterij za izbor primarnog procesa je minimalni trošak izrade.
Kod OTP-a utvrđene su 4 vrste obrada kao mogući primarni procesi (usluge u OTP-u). Svaka usluga ima svoju jednadžbu pravca, a izbor optimalne određuje se na temelju usporedbe sva 4 pravca, odnosno njihovim međusobnim sjecištima.
Točka sjecišta na ordinati definira granični trošak, a na apscisi definira granični broj komada.
Budući se radi o 4 pravca moguć je različit broj sjecišta. Ovisno o vrijednostima u jednadžbi moguće je da se pravci uopće ne sijeku, a moguće je i da se svaki pravac sječe sa ostala tri pravca, što daje maksimalni broj od 6 sjecišta



Slika S-02: ***Dijagram graničnih količina primarnog procesa***

Matematički izračun temelji se na rješavanju n jednadžbi sa n nepoznanica.
U ovom slučaju imamo 4 jednadžbe i 4 nepoznanice.

$T_{I_1} = T_{AU_1} + n_u \times k_{TI_1}$ i=1 PRAOBLIKOVANJE
$T_{I_2} = T_{AU_2} + n_u \times k_{TI_2}$ i=2 PREOBLIKOVANJE
$T_{I_3} = T_{AU_3} + n_u \times k_{TI_3}$ i=3 SPAJANJE
$T_{I_4} = T_{AU_4} + n_u \times k_{TI_4}$ i=4 ODVAJANJE

Izjednačavanjem troškova izrade dviju usluga dobiva se i granični broj komada:

$T_{I_1} = T_{AU_1} + n_{g1} \times k_{TI_1}$

$$T_{I_1} = T_{I_2} \rightarrow \quad T_{I_{12}};\ n_{g_{12}}$$

$T_{I_2} = T_{AU_2} + n_{g2} \times k_{TI_2}$

Set jednadžbi u kojem su troškovi izrade jednaki za dvije promatrane usluge:

$T_{I_{12}} = T_{AU_1} + n_{g12} \times k_{TI_1}$
$T_{I_{12}} = T_{AU_2} + n_{g12} \times k_{TI_2}$

Oduzimanjem druge jednadžbe od prve dobiva se izraz:

$$0 = T_{AU_1} + n_{g12} \times k_{TI_1} - T_{AU_2} - n_{g12} \times k_{TI_2}$$

koji se dalje može zapisati i kao:

$$n_{g12} \times \left(k_{TI_1} - k_{TI_2}\right) = T_{AU_2} - T_{AU_1}$$

odnosno općenito vrijedi:

$$\boldsymbol{n_{g12} = \frac{T_{AU_2} - T_{AU_1}}{k_{TI_1} - k_{TI_2}}} \quad \text{..... J-01}$$

Potrebno je provjeriti da li je granični broj komada jednak ili manji broju komada trajnosti alata za odabranu uslugu.

Budući imamo 4 pravca, na isti način određuju se i jednadžbe za svih preostalih 5 mogućih međusobnih odnosa, pa se dobiva set od 6 jednadžbi za određivanje granične veličine serije za odabir primarnog procesa:

Praoblikovanje: $n_{g12} = \frac{T_{AU_2} - T_{AU_1}}{k_{TI_1} - k_{TI_2}}$; $n_{g13} = \frac{T_{AU_3} - T_{AU_1}}{k_{TI_1} - k_{TI_3}}$; $n_{g14} = \frac{T_{AU_4} - T_{AU_1}}{k_{TI_1} - k_{TI_4}}$

Preoblikovanje: $n_{g23} = \frac{T_{AU_3} - T_{AU_2}}{k_{TI_2} - k_{TI_3}}$; $n_{g24} = \frac{T_{AU_4} - T_{AU_2}}{k_{TI_2} - k_{I_4}}$

Spajanje: $n_{g34} = \frac{T_{AU_4} - T_{AU_3}}{k_{TI_3} - k_{TI_4}}$

Izračunom se dobije matrica rezultata iz koje se lako očitaju rezultati, odnosno definiraju područja količina u kojima je optimalno korištenje određene usluge (primarnog procesa).

MATRICA GRANIČNIH KOLIČINA PRIMARNOG PROCESA					
VRSTE OBRADA		PRA	PRE	SPA	ODV
		1	2	3	4
PRAOBLIKOVANJE	1		n_{g12}	n_{g13}	n_{g14}
PREOBLIKOVANJE	2	n_{g21}		n_{g23}	n_{g24}
SPAJANJE	3	n_{g31}	n_{g32}		n_{g34}
ODVAJANJE	4	n_{g41}	n_{g42}	n_{g43}	

Slika S-03: ***Matrica graničnih količina primarnog procesa***

Vrijednosti ispod dijagonale matrice simetrično su jednake vrijednostima iznad dijagonale.

Vrijedi da je :

$n_{g12} = n_{g21}$; $n_{g13} = n_{g31}$; $n_{g14} = n_{g41}$; $n_{g23} = n_{g32}$; $n_{g24} = n_{g42}$; $n_{g34} = n_{g43}$

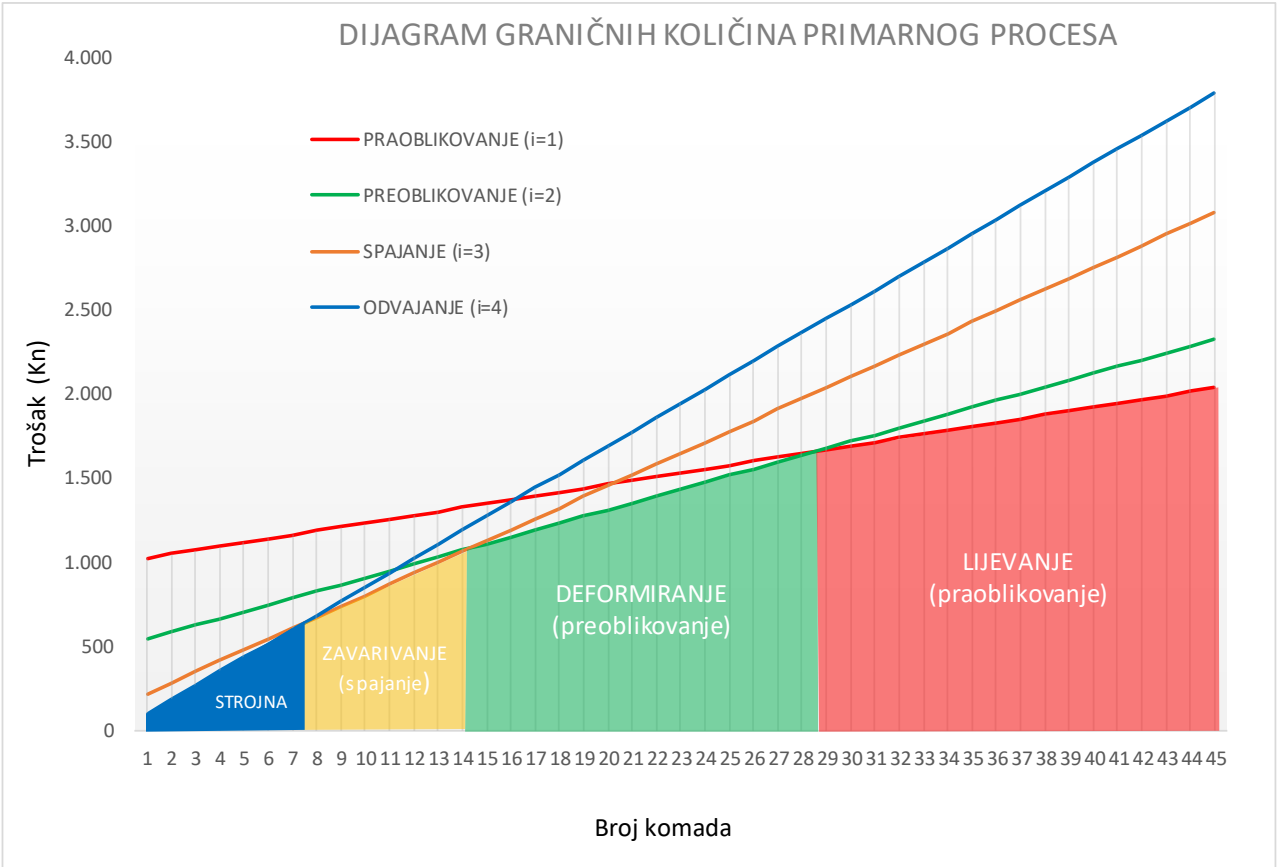
Redoslijed vrsta obrade obzirom na broj komada može biti različit, ali kada se jednom „izađe“ iz prethodnog područja, ono sa porastom broja komada više nikada ne može biti ponovno područje sa minimalnim troškovima.

Izbor primarnog procesa vrši se usporedbom ukupne količine sa graničnim veličinama serije, a kao primarni proces odabire se onaj čije područje odgovara ukupnoj količini.

PODACI VEZANI UZ IZBOR PRIMARNOG PROCESA ZA:		**OSOVINA**						3D model	3D-172
USLUGA	oznaka	*ELEMENTI TROŠKA*				*NAKNADNO*		*ELEMENTI JEDNADŽBE*	
		T_{AUi}	T_{MUi}	T_{OUi}	T_{NUi}	k_{Gi}	T_{NUi}	T_{Ii}	T_{AUi}	k_{TIi}
PRAOBLIKOVANJE	i=1	1.000,00	4,00	4,00	15,00	0,20	15,00		1.000,00	23,00
PREOBLIKOVANJE	i=2	500,00	9,00	9,00	22,50	0,30	22,50		500,00	40,50
SPAJANJE	i=3	150,00	8,00	12,00	45,00	0,60	45,00		150,00	65,00
ODVAJANJE	i=4	10,00	9,00	75,00	0,00		0,00		10,00	84,00

MATRICA GRANIČNIH KOLIČINA PRIMARNOG PROCESA					
VRSTE OBRADA		PRA	PRE	SPA	ODV
		1	2	3	4
PRAOBLIKOVANJE	1		**28,57**	**20,24**	**16,23**
PREOBLIKOVANJE	2	28,57		**14,29**	**11,26**
SPAJANJE	3	20,24	14,29		**7,37**
ODVAJANJE	4	16,23	11,26	7,37	

$$n_{g12} = \frac{T_{AU_2} - T_{AU_1}}{k_{TI_1} - k_{TI_2}}$$



Slika S-04: ***MS Excel aplikacija za izračun graničnih količina pri izboru primarnog procesa***

Jednadžbe za izračun graničnih količina postaju sastavni dio cjelovitog OTP algoritma, koji uključuje i automatizirano kvantificiranje troškova alata, materijala i obrade, kao i trošak eventualne naknadne obrade.

Za potrebe ovog rada napravljena je i samostalna aplikacija u MS Excelu, u koju se osnovni elementi troška upisuju ručno.

Prikaz ove aplikacije dat je na slici S-04, a sama aplikacija u MS Excelu prilaže se uz ovaj rad (PRILOG A: Primarni proces – granične količine)

Rješavanje problema – veličina serije n_s

Veličina serije uglavnom je u OTP-u vezana uz rad (postupke i operacije, pretežito odvajanje čestica).

Mogući su različiti kriteriji i mjerila na temelju kojih se određuje veličina serije, a osnovni su:

- TROŠAK
  - MINIMALNI TROŠAK TEHNOLOŠKOG PROCESA
    - *teži se da zbroj komadnih vremena svih operacija bude minimalan ($\sum_{i=1}^{n} t_{1_i} \rightarrow \min$)*
    - *željeni rezultat ove težnje je minimalno vrijeme izrade po komadu ($t_1 \rightarrow \min$)*
    - *posljedično: teži se „**maksimalnim**“ veličinama serije*
  - MINIMALNI TROŠAK PROIZVODNOG PROCESA
    - *teži se izbjegavanju aktivnosti „čekanja“ usklađivanjem kapaciteta sa radnim nalozima*
    - *željeni rezultat ove težnje je maksimalna iskoristivost proizvodnih kapaciteta*
    - *posljedično: teži se „**primjerenim**“ veličinama serije, ne uvijek i maksimalnim*
- FLEKSIBILNOST
  - ROKOVI ISPORUKE
    - *teži se poštivanju dinamike isporuke sukladno zahtjevima tržišta*
    - *željeni rezultat ove težnje je što više slobodnih kapaciteta*
    - *posljedica: teži se „**“minimalnim“**“ veličinama serije*
  - RAZNOLIKOST PROIZVODNJE
    - *teži se što većem broju različitih proizvoda koji se proizvode u istom periodu*
    - *željeni rezultat ove težnje je usklađivanje proizvodnje sa stanjem na tržištu, posebno je to izražen kod proizvodnje „sezonskih“ proizvoda*
    - *posljedično: teži se „**usklađenim**“ veličinama serije*
  - PROTOČNOST PROIZVODNJE
    - *teži se što ranijem dovršenju izratka (primjer je kod rezervnih dijelova)*
    - *željeni rezultat ove težnje je najkraći kalendarski period od ulaska materijala do izlaska prvog proizvoda iz proizvodnje*
    - *neželjeni mogući rezultat je smanjenje iskoristivosti kapaciteta uslijed aktivnosti čekanja na izradak u nekoj od operacija koje kraće traju od prethodne*
    - *posljedično: teži se **„mogućim“** veličinama serije*

Različitost kriterija ukazuje na nemogućnost određivanja idealne veličine serije.

Ipak, u OTP-u je potrebno automatizirano odrediti optimalnu veličinu serije, i to se postiže na temelju međusobnog odnosa troškova izrade i zauzetosti kapaciteta u određenom periodu.

U praksi nije uobičajeno da veličina serije bude manja od 1, pogotovo ukoliko je mjerna jedinica komad.

Naime, to bi značilo da se izradak započne obrađivati na nekom stroju, te da se prije završetka prekida obrada, što je teorijski moguće, ali u praksi vrlo vrlo rijetko. Primjeri su prestanak izrade uslijed kvara, ali čak i tada se s operacijom nastaje tamo gdje se stalo.

Budući je moguće da računske vrijednosti vezane uz veličine serije budu i manja od jedan, da bi se izbjeglo da se zaokruživanjem veličina serije svede na nulu, u OTP algoritmu se vrijednosti veličine serije zaokružuju na veći cijeli broj - funkcija ROUNDUP (n;0), ako je rezultat manji od 1.

Dakle, zaokruživanje je uvijek na kraju postupka određivanja veličine serije, dok se međufazni rezultati ne zaokružuju, iako se mogu prikazivati kao cijeli brojevi.

$$n_s = cijeli\ broj$$

Trošak izrade u osnovi je zbroj troškova materijala, usluge i rada.
Ako se zanemare troškovi nabave i transporta materijala i usluge, veličina serije značajno utječe jedino na trošak rada, i to kroz utrošak vremena. [5]
Utrošak vremena se u OTP-u iskazuje samo kroz dvije komponente, i to:

- VRIJEME PRIPREME
  - *pripremno završno aktivnosti za seriju*
  - *zajedničko projektno aktivnosti za ukupnu količinu*
  - *u OTP-u se oba navedena elementa objedinjuju u jednu cjelinu*
- VRIJEME RADA
  - *pomoćne aktivnosti (stezanje i otpuštanje komada)*
  - *tehnološke aktivnosti (ciklus koji uključuje sva kretanja stroja)*
  - *dodatno vrijeme – kompenzacija gubitaka vremena u tijeku izrade serije*

Osnovna jednadžba koja povezuje komadno vrijeme sa osnovnim komponentama vremena je:

$$t_1 = \frac{t_P}{n_s} + t_R \quad \left(\frac{min}{kom}\right), \qquad \text{J-02}$$

odnosno, jednadžba za ukupno vrijeme serije:

$$t_s = t_1 \times n_s \quad (min), \qquad \text{J-03}$$

ili „razvijena“ jednadžba

$$t_s = t_P + n_s \times t_R \quad (min). \qquad \text{J-04}$$

Uobičajena jedinica mjere je minuta, a iznimno, ukoliko je veličina serije značajno velika, vrijeme serije se iskazuje u satima.

Iz osnovne jednadžbe za izračun jediničnog (komadnog) vremena izrade (J-02)

$$t_1 = \frac{t_P}{n_s} + t_R \quad \left(\frac{min}{kom}\right)$$

jasno je vidljivo da je u cilju smanjenja utroška komadnog vremena izrade poželjno da veličina serije bude što veća:

$$n_s \to \infty$$

Ako se otkloni mogućnost beskonačno velike serije, u kojoj se komadno vrijeme izjednačuje sa vremenom rada,

$$t_1 = t_R,$$

odnosno vrijeme pripreme uopće ne utječe na vrijeme izrade, sa stajališta troškova izrade nameće se kao idealno rješenje ono u kojem je veličina serije jednaka ukupnoj količini

$$n_s = n_u$$

U slučaju maksimalne veličine serije, a u praksi je ona jednaka ukupnoj naručenoj količini, troškovi izrade su minimalni

$$n_{s_u} \to t_{1_{min}}$$

Međutim veličina serije ne utječe na utrošak vremena za svaki izradak jednako. Utrošak vremena zavisi o međusobnom odnosu pripremnog vremena i vremena rada.
Budući se pripremno vrijeme raspodjeljuje na sve komade u seriji poželjno je da udio pripreme bude što manji u komadnom vremenu.

Za automatiziranu kvantifikaciju veličine serije obzirom na kriterij troška u OTP-u se uvodi koeficijent troška (k_T).

Zauzetost kapaciteta je kalendarski period koji je potreban da se izvrši izrada jedne serije, odnosno ukupno potrebno radno vrijeme za izvršenje serije (t_s).
Zauzetost kapaciteta se određuje za svaki stroj (radno mjesto) posebno, sukladno parametrima tehnološkog procesa (redoslijed operacija, izbor radnog mjesta, planirano vrijeme izrade,…).
Uvijek se zauzetost kapaciteta veže uz kalendarsko vrijeme, a izračunava se kao odnos raspoloživog i potrebnog vremena, pri čemu je potrebno vrijeme uvijek radno vrijeme za seriju (t_s), a raspoloživo vrijeme je ovisi o organizaciji rada.
Uobičajeno je da se raspoloživo vrijeme izjednačuje sa radnim vremenom, pri čemu su moguće različite jedinice mjere za iskazivanje zauzetosti kapaciteta:

- SAT (***Rh***)
  - *radni sat je osnovna jedinica mjere zauzetosti kapaciteta*
  - *jedan radni sat jednak je kalendarskom satu*
  - *izravno se rijetko koristi (uglavnom za manje serije)*
  - *zauzetost kapaciteta se izračunava:* $\boldsymbol{Z_k = t_s}$
- SMJENA (***RS***)
  - *moguće su različita trajanja radne smjene, ali se trajanje smjene uvijek definira sa brojem sati (*$\boldsymbol{t_{RS}}$*)*
  - *jedna smjena u pravilu traje 8 sati, odnosno:* $\boldsymbol{t_{RS} = 8}$
  - *koristi se često (uglavnom u operativnoj pripremi)*
  - *zauzetost kapaciteta se izračunava :* $\boldsymbol{Z_k = \frac{t_s}{t_{RS}}} \rightarrow \boldsymbol{Z_k = \frac{t_s}{8}}$
- DAN (***RD***)
  - *moguće je različito trajanje radnog dana, a trajanje se u pravilu definira sa brojem smjena u tijeku dana (*$\boldsymbol{b_{RS}}$*)*
  - *moguće je trajanje radnog dana u više smjena:* $\boldsymbol{b_{RS} = 1}$*;* $\boldsymbol{b_{RS} = 2}$*;* $\boldsymbol{b_{RS} = 3}$
  - *koristi se uglavnom za definiranje rokova isporuke, kao podloga u procesu prodaje*
  - *zauzetost kapaciteta se izračunava :* $\boldsymbol{Z_k = \frac{t_s}{b_{RS} \times t_{RS}}}$
- TJEDAN (***RT***)
  - *moguće je različito trajanje radnog tjedna, a uobičajeno se definira sa brojem radnih sati (* $\boldsymbol{t_{KT}}$*)*
  - *uobičajen je još uvijek radni tjedan od 5 radnih dana po 8 radnih sati:* $\boldsymbol{t_{KT} = 40}$
  - *koristi se uglavnom kod duljeg trajanja serija, kao zamjena za jedinicu mjere dan ili smjena*
  - *zauzetost kapaciteta se izračunava :* $\boldsymbol{Z_k = \frac{t_s}{t_{KT}}}$

Iznimno, za vrlo dugačko trajanje serija mogu se koristiti i veće mjerne jedinice, kao npr. mjeseci, godine, pa čak i desetljeća, ali takvi projekti nisu predmet interesa OTP-a.
Dapače, u OTP-u se smatra da je bolje smanjiti seriju, nego je prikazivati u mjernim jedinicama većim od kalendarskog tjedna.
Za primijetiti je da zauzetost kapaciteta ne ovisi samo o trajanju serije, nego i o organizaciji proizvodnje svake pojedine tvrtke.
Obzirom na organizaciju rada, neka tvrtka može za jedan dan izvršiti isti posao za koji je drugoj tvrtci potrebno tri dana. Za veće poslove ta razlika u potrebnom kalendarskom vremenu može biti i veća od 4 puta (uključuje se i broj radnih dana u tjednu),
To je razlog zašto je u OTP-u odabrana vremenska jedinica zauzetosti kapaciteta kalendarski dan (24 h). Ova jedinica prikazuje minimalno moguće zauzeće kapaciteta za izvršenje odabrane serije. Dakle, kalendarsko vrijeme umjesto radnog vremena.
Za automatiziranu kvantifikaciju veličine serije obzirom na kriterij fleksibilnosti u OTP-u se uvodi koeficijent fleksibilnosti (k_F).

KOEFICIJENT TROŠKA (k_T)

NAMJENA

- *služi za određivanje **minimalne** prihvatljive veličine serije sa stajališta troškova za slučaj veličine serije koja je manja od ukupne količine* ($n_s < n_u \rightarrow t_{s_{ns}} > t_{s_{nu}}$)
- *vrijednost ovog koeficijenta određuje se na temelju dozvoljenog odstupanja utroška vremena u odnosu na minimalni mogući utrošak vremena izrade*

STRUKTURA

- *određuje se na temelju odnosa pripremnog vremena i vremena rada za seriju, sukladno razvijenoj jednadžbi vremena za seriju (J-04):*

$$t_s = t_P + n_s \times t_R$$

- *osnovna jednadžba strukture koeficijenta troška je:*

$$k_T = \frac{t_P}{n_s \times t_R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{J-05}$$

koja se još može napisati i u oblicima:

$$t_P = k_T \times n_s \times t_R\,, \quad ili \quad t_R = \frac{t_P}{k_T \times n_s}\,, \quad ili \quad n_s = \frac{t_P}{k_T \times t_R}$$

KVANTIFIKACIJA

- *sa stajališta troškova izrade poželjno je da se pri izradi ukupne količine kroz više manjih serija, veličina serije odabire na način da ne povećava cijenu koštanja za više od 2 %*
- *obzirom da uz trošak vremena izrade u cijenu koštanja ulaze i troškovi materijala i usluge, utjecaj povećanja utroška vremena na cijenu koštanja je razmjerno manji*
- *npr. ako je udio troška vremena 85% u cijeni koštanja, utjecaj povećanja utroška vremena izrade od 3% povećava cijenu koštanja za 2,55%)*
- *ukoliko ukupna količina nije višestruko veća od veličine serije, tada se razlika smanjuje obzirom da*
- *cijena sata pripreme je manja od cijene sata rada (nema trošenja alata, energije,...) što za koeficijent troška još i dodatno smanjuje utjecaj utroška vremena na cijenu koštanja.*
- *u OTP-u je prihvatljivo povećanje utroška vremena zbog veličine serije u iznosu do 3%, što se može iskazati kao:*

$$\Delta t_{s_T} = \frac{t_{s_{nsT}} - t_{s_{nu}}}{t_{s_{nu}}} \leq 1{,}03$$

- *odabrana vrijednost koeficijenta troška u OTP-u iznosi:*

$$k_{T_{otp}} = 0{,}03$$

PRIMJENA

- *granična veličina serije u OTP-u obzirom na troškove kvantificira se iz strukture koeficijenta troška (J-05):*

$$n_{sT} = \frac{t_P}{k_{T_{otp}} \times t_R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{J-06}$$

- *za odabranu vrijednost koeficijenta troška, u OTP-u generalno vrijedi:*

$$n_{sT} = \frac{t_P}{0{,}03 \times t_R} \qquad \textit{odnosno} \qquad n_{sT} = 33{,}3\dot{3} \times \frac{t_P}{t_R}$$

- *za sve slučajeve kada je* $\frac{t_P}{t_R} = const.$

  veličina granične serije sa stajališta troška je uvijek ista za isti omjer pripremnog vremena i vremena rada, a jednaka je umnošku omjera i broja $33{,}3\dot{3}$

- *za poseban slučaj kada je:* $t_P = t_R$ *(uvrštavanjem t_R=t_P u J-06):*

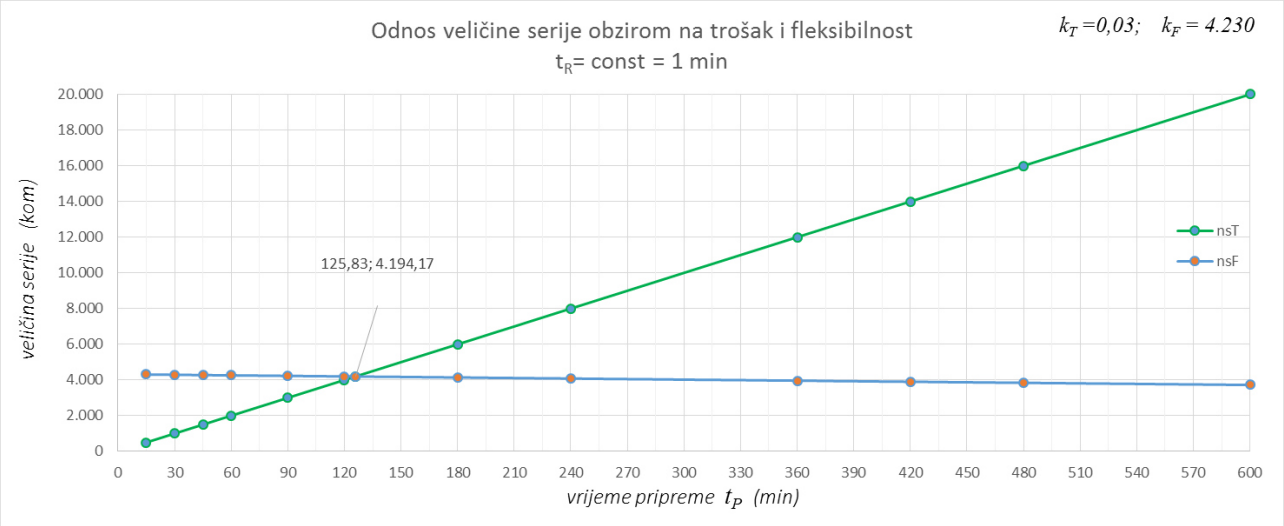
$$n_{sT} = \frac{t_P}{k_{T_{otp}} \times t_P} \rightarrow n_{sT} = \frac{1}{k_{T_{otp}}} \rightarrow n_{sT} = \frac{1}{0{,}03} \rightarrow n_{sT} = 33{,}3\dot{3} \rightarrow n_{sT} \cong 33$$

  za slučaj u kojem su pripremno vrijeme i vrijeme rada jednaki, granična serija sa stajališta troška uvijek je približno jednaka broju 33. (n_{sT}=const.)

KOEFICIJENT FLEKSIBILNOSTI (k_F)

- NAMJENA
  - *služi za određivanje **maksimalne** prihvatljive veličine serije sa stajališta zauzetosti kapaciteta za slučaj veličine serije koja je manja od ukupne količine*
  - *vrijednost ovog koeficijenta određuje se na temelju maksimalne dozvoljene zauzetosti kapaciteta za izvršenje serije*
- STRUKTURA
  - *koeficijent fleksibilnosti predstavlja zauzetost kapaciteta, odnosno potrebno kalendarsko vrijeme za izvršenje serije:*
    $$k_F = Z_k = t_s$$
  - *sukladno razvijenoj jednadžbi vremena za seriju (J-04):*
    $$t_s = t_P + n_s \times t_R$$
    struktura koeficijenta fleksibilnosti može se izraziti kao:
    $$k_F = t_P + n_s \times t_R \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{J-07}$$
    koja se još može napisati i u oblicima:
    $t_P = \frac{k_F}{n_s \times t_R}$, *ili* $t_R = \frac{k_F - t_P}{n_s}$, *ili* $n_s = \frac{k_F - t_P}{t_R}$
    jedinica mjere koeficijenta je određena jedinicama mjere u kojima se izražavaju osnovni elementi vremena (uobičajeno minute)
- KVANTIFIKACIJA
  - *sa stajališta fleksibilnosti izrade poželjno je da se pri izradi ukupne količine kroz više manjih serija, veličina serije odabire na način da potrebno vrijeme za izvršenje serije ne zauzima kapacitet u trajanju duljem od 3 kalendarska dna.*
  - *3 kalendarska dana izražena u jedinicama radnog vremena mogu trajati od 3 do 9 radnih dana.*
  - *za kalendarski tjedan od 40 sati tjedno, 3 radna dana znače zauzetost kapaciteta od 1,8 tjedana , dakle gotovo 2 radna tjedna*
  - *3 kalendarska dana mogu se iskazati kao:*
    72 sata (3 dana x 24 sata/dan)
    4.320 minuta (72 sata x 60 minuta/sat)
  - *budući se vrijeme pripreme i vrijeme rada izražavaju u minutama, potrebno je i koeficijent fleksibilnosti iskazati u minutama, pa je njegova vrijednost u minutama*
    $$k_{F_{otp}} = 4.320$$
- PRIMJENA
  - *granična veličina serije obzirom na fleksibilnost kvantificira se iz strukture koeficijenta fleksibilnosti:*
    $$n_{sF} = \frac{k_{F_{otp}} - t_P}{t_R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{J-08}$$
  - *za odabranu vrijednost koeficijenta troška, u OTP-u generalno vrijedi:*
    $$n_{sF} = \frac{4.320 - t_P}{t_R}$$
  - *na veličinu serije sa stajališta fleksibilnosti utječu obje komponente vremena*
  - *pripremno vrijeme jednokratno umanjuje raspoloživo vrijeme, dok je vrijeme rada obrnuto proporcionalno sa veličinom serije, dakle značajno utječe na veličinu serije sa stajališta fleksibilnosti*
  - *na veličinu serije sa stajališta fleksibilnosti veći utjecaj ima vrijeme rada u odnosu na pripremno vrijeme*

Koeficijent troška teži maksimalnim količinama, a koeficijent fleksibilnosti minimalnim količinama.
Očigledno će različiti odnose pripremnog vremena i vremena rada rezultirati različitim željenim veličinama serije za svaki kriterij.
Budući se utrošci serije određuje linearnom jednadžbom, posljedično i veličine serije su pravci, pa se može pretpostaviti da se pravci koji definiraju trošak serije u fleksibilnost serije u nekoj točci sijeku.



Slika S-05: ***Grafički prikaz sjecišta pravaca troškova***

To se može provjeriti izjednačavanjem jednadžbi po osnovi veličine serije:

$$t_{s_T} = t_P + n_{sT} \times t_R$$
$$t_{s_F} = t_P + n_{sF} \times t_R$$

ako je $n_{sT} = n_{sF} = n_{sTF}$ proizlazi da je i $t_{sT} = t_{sF} = t_{sTF}$

Uzimajući u obzir strukturu koeficijenata:
veličina serije za koeficijent troška: $n_{sT} = \frac{t_P}{\boldsymbol{k_T} \times t_R}$
i veličina serije za koeficijent fleksibilnosti $n_{s\boldsymbol{F}} = \frac{\boldsymbol{k_F} - t_P}{t_R}$
i njihovo uvrštavanje u jednadžbe za vrijeme izrade, i rješavanjem kao što je navedeno

$\frac{t_P}{k_T \times t_R} = \frac{k_F - t_P}{t_R}$ $\times t_R$ (množeno sa vremenom rada)

$\frac{t_P}{k_T} = k_F - t_P \quad \rightarrow \quad \frac{t_P}{k_T} + t_P = k_F \quad \times k_T$ (množeno sa koeficijentom troška)

$t_P + t_P \times k_T = k_F \times k_T \quad \rightarrow \quad t_P(1 + k_T) = k_F \times k_T \quad /(1 + k_T)$ dijeljeno sa $(1+k_T)$

dobije se jednadžba u kojoj je jedina nepoznanica vrijeme pripreme:

$$t_P = \frac{k_F \times k_T}{(1+k_T)} \qquad \text{..... J-09}$$

Uvrštavanjem definiranih vrijednosti koeficijenata u jednadžbu

$t_P = \frac{k_{F_{otp}} \times k_{T_{otp}}}{\left(1+k_{T_{otp}}\right)} \quad \rightarrow t_P = \frac{4.320 \times 0{,}03}{(1+0{,}03)}$ dobije se rezultat

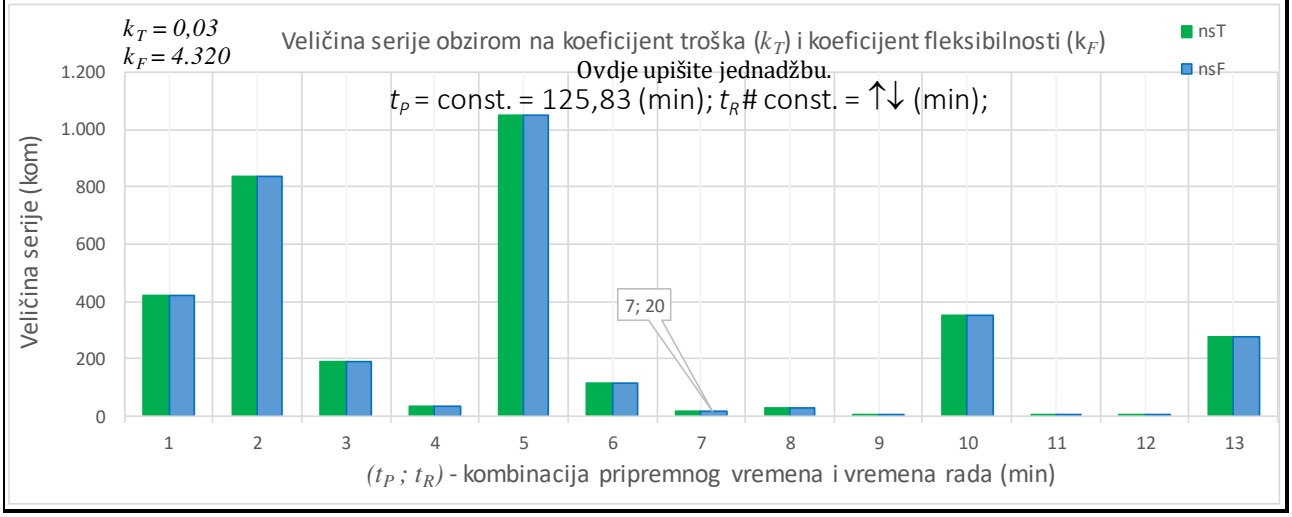
$$t_P = 125{,}825242718447 \quad \rightarrow t_P \cong 125{,}83\ minute$$

Za slučaj u kojem je vrijeme pripreme jednako 125,83 minute, vrijedi: $n_{sT} \cong n_{sF}$

Za odabrane vrijednosti koeficijenata $k_T = 0{,}03 = 3\%;\ k_F = 4.320\ minuta = 3\ dana$ u slučaju da je pripremno vrijeme jednako 125,83 minute, granične veličine serije su praktički iste za oba kriterija, neovisno o vrijednosti vremena rada.

n_u	50.000	komada	k_T	0,03	k_F	4.320	**7**	t_P	=const	128,53	t_R	#const	↑↓
t_P	125,83	125,83	125,83	125,83	125,83	125,83	125,83	125,83	125,83	125,83	125,83	125,83	125,83
t_R	10,0	5,0	22,0	128,0	4,0	36,0	215,0	148,0	902,0	12,0	721,0	611,0	15,0

n_{sT}	419	839	191	33	1.049	117	20	28	5	350	6	7	280
n_{sF}	419	839	191	33	1.049	117	20	28	5	350	6	7	280



Slika S-06: ***Dijagram veličine serije za slučajeve u kojima je pripremno vrijeme jednako 125,83 min***

Uzimajući u obzir da se u OTP-u u utrošak pripremnog vremena uključuju i aktivnosti koje su jednokratne za ukupnu količinu (projektiranje tehnološkog procesa, programiranje CNC stroja,…), vrijeme pripreme od cca dva sata je vrlo prihvatljivo kao prosječno očekivano vrijeme pripreme u praksi.
To znači da je za očekivati da će u OTP-u automatizirano određena veličina serije jako dobro odgovarati u praksi. Indirektno, to znači da će se vrlo dobro procijeniti i trošak izrade i zauzetost kapaciteta.

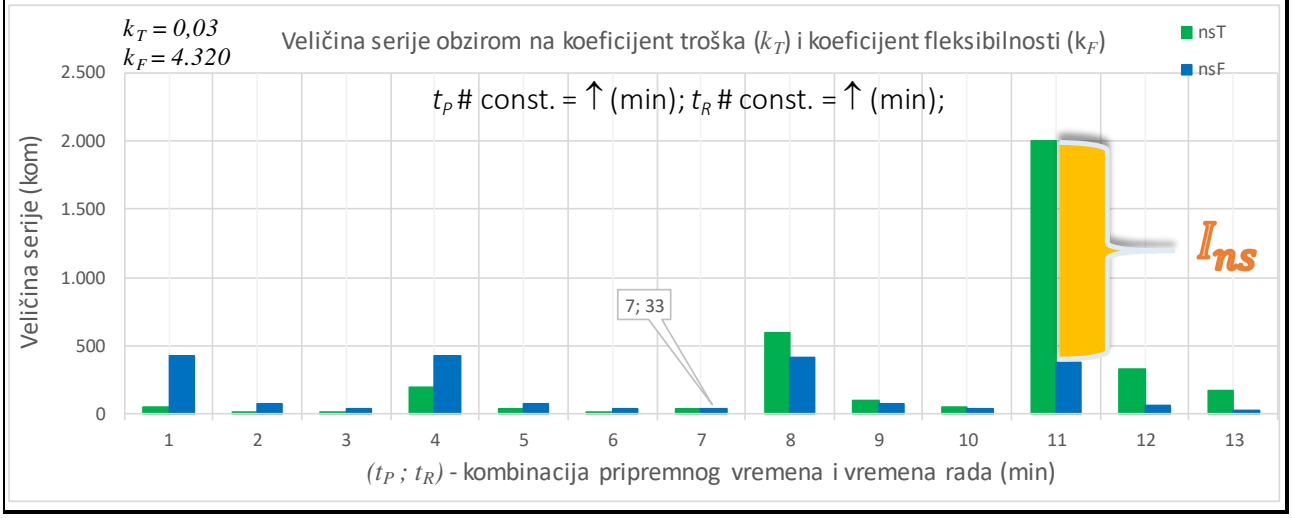
Iako je slučaj u kojem bi pripremno vrijeme bilo blizu 120 minuta vrlo često moguć, u praksi mogu biti i značajno veći ili manji od 2 sata.

Za slučajeve u kojima su pripremna vremena manja od 125,83 minute granična veličina serije s stajališta troška uvijek je manja od granične veličine serije s stajališta fleksibilnosti.
I obrnuto, za slučajeve u kojima su pripremna vremena veća od 125,83 minute granična veličina serije s stajališta troška uvijek je veća od granične veličine serije s stajališta fleksibilnosti.
Dakle, za vrijeme pripreme koje je manje od 125,83 minute gornja granica intervala određuje se na temelju kriterija fleksibilnosti, a donja granica se određuje na temelju troškovnog kriterija.
Obrnuto je kod pripremnih vremena koja su veća od 125,83 minute, te vrijedi pravilo:

za manja pripremna vremena
$n_{s_{min}} = f(k_T) = n_{sT}$
$n_{s_{max}} = f(k_F) = n_{sF}$

za veće pripremna vremena
$n_{s_{min}} = f(k_F) = n_{sF}$
$n_{s_{max}} = f(k_T) = n_{sT}$

n_u	50.000	komada	k_T	0,03	k_F	4.320	**7**	t_P	#const	↑	t_R	#const	↑
t_P	15	15	15	60	60	60	125,83	180	180	180	600	600	600
t_R	10,0	60,0	120,0	10,0	60,0	120,0	125,8	10,0	60,0	120,0	10,0	60,0	120,0
n_{sT}	50	8	4	200	33	17	33	600	100	50	2.000	333	167
n_{sF}	431	72	36	426	71	36	33	414	69	35	372	62	31



Slika S-07: ***Odnos graničnih veličina serije obzirom na vrijeme pripreme***

Iako međusobni odnos veličine serija po kriteriju troška i kriteriju fleksibilnosti kvalitativno definira pripremno vrijeme neovisno o vremenu rada, granične veličine serija kvantitativno su ovisne i o vremenu rada.
Izuzev slučaja u kojem je pripremno vrijeme jednako 125,83 minute, granične veličine serije obzirom na trošak i fleksibilnost se razlikuju, pa se može govoriti o intervalu veličine serije (I_{ns}).

Interval veličine serije predstavlja apsolutnu razliku između granične količine po trošku i granične količine po fleksibilnosti:

$$I_{ns} = |n_{sT} - n_{sF}|$$

Pomoću odabranih kriterija moguće je odrediti granične veličine serije, odnosno krajnje točke intervala moguće veličine serije.
Granične veličine serije su:

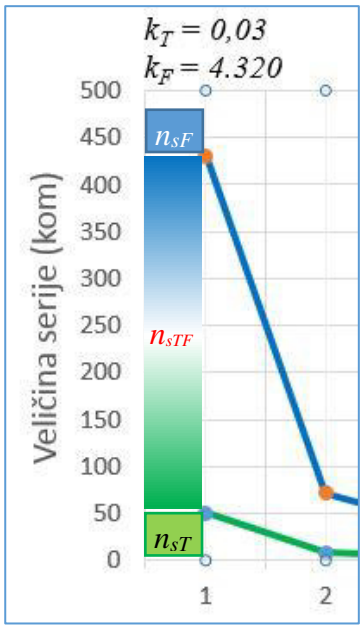
- n_{sT} – minimalna potrebna veličina serije koja neće prekoračiti preporučeno povećanje utroška komadnog vremena

$$n_{sT} = \frac{t_P}{k_T \times t_R}$$

- n_{sF} – maksimalna dozvoljena veličina serije kojom se neće prekoračiti preporučeni interval zauzetosti kapaciteta

$$n_{sF} = \frac{k_F - t_P}{t_R}$$

Svaka kombinacija pripremnog vremena i vremena rada rezultira graničnim točkama obzirom na definirane kriterije troška i fleksibilnosti,
Kao što je ranije pokazano, samo u jednom slučaju ($t_P = 125{,}83\ min$) obje točke se spajaju u zajedničku, a u svim ostalim slučajevima rezultira dvjema graničnim točkama.



Svaka točka sadrži slijedeće podatke:

- $\boldsymbol{n_s}$ - *broj komada u seriji*
- $\boldsymbol{t_1}$ - *komadno vrijeme u seriji*
- $\boldsymbol{t_s}$ - *vrijeme izrade za seriju*
- $\boldsymbol{k_T}$ - *koeficijent troška*
- $\boldsymbol{k_F}$ - *koeficijent fleksibilnosti*

Interval veličine serije uz podatke o graničnim točkama sadrži i podacima o međusobnim odnosima između graničnih točaka:

- $\boldsymbol{\Delta n_s}$ - *razlika broja komada*
- $\boldsymbol{\Delta t_1}$ - *razlika komadnog vremena u seriji*
- $\boldsymbol{\Delta t_s}$ - *razlika vremena izrade za seriju*
- $\boldsymbol{\Delta k_T}$ - *razlika koeficijenta troška*
- $\boldsymbol{\Delta k_F}$ - *razlika koeficijenta fleksibilnosti*
- $\boldsymbol{\nabla n_s}$ - *omjer broja komada*
- $\boldsymbol{\nabla t_1}$ - *omjer komadnog vremena u seriji*
- $\boldsymbol{\nabla t_s}$ - *omjer vremena izrade za seriju*
- $\boldsymbol{\nabla k_T}$ - *omjer koeficijenta troška*
- $\boldsymbol{\nabla k_F}$ - *omjer koeficijenta fleksibilnosti*

Slika S-08: ***Interval veličine serije***

Obzirom na strukturu koeficijenta fleksibilnosti u istoj točci su koeficijent fleksibilnosti i vrijeme izrade za seriju jednaki ($k_T = t_s$), pa se svakom točkom definira set od 4 različita podatka.

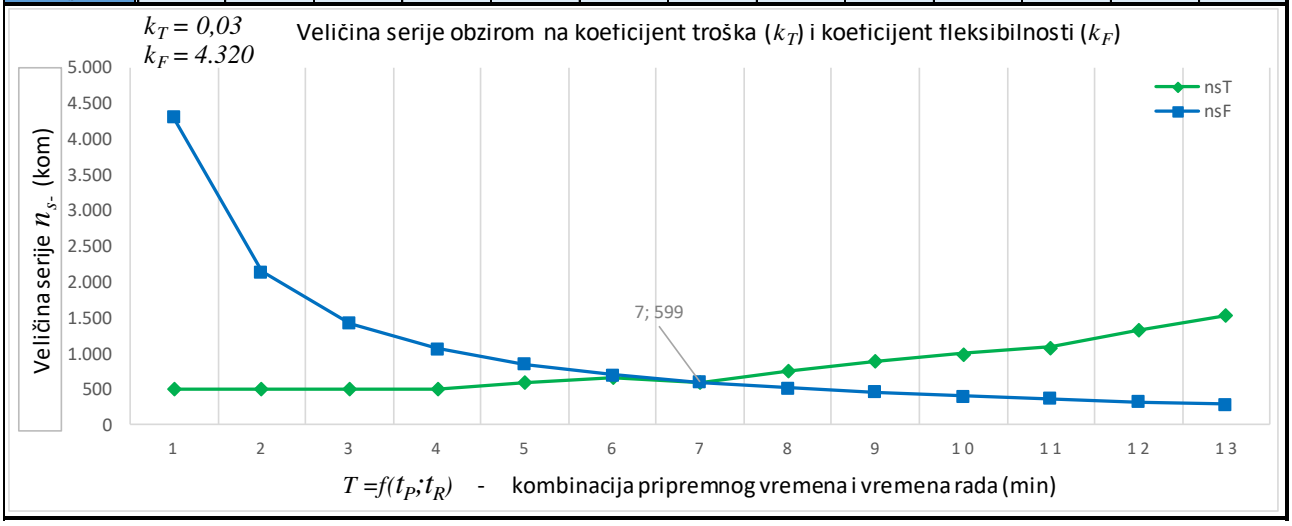
Da bi se istaknulo po kojem je kriteriju definirana granična točka, za svaki podatak u indeksu se navodi oznaka kriterija. Npr.:

$\boldsymbol{n_{sT}}$ - granična veličina serije sa stajališta kriterija troška

$\boldsymbol{n_{sF}}$ - granična veličina serije sa stajališta kriterija fleksibilnosti

Međutim, za različite odnose pripremnog vremena i vremena rada, granične veličine serije, po kriteriju troška i po kriteriju fleksibilnosti, mogu se značajno razlikovati.

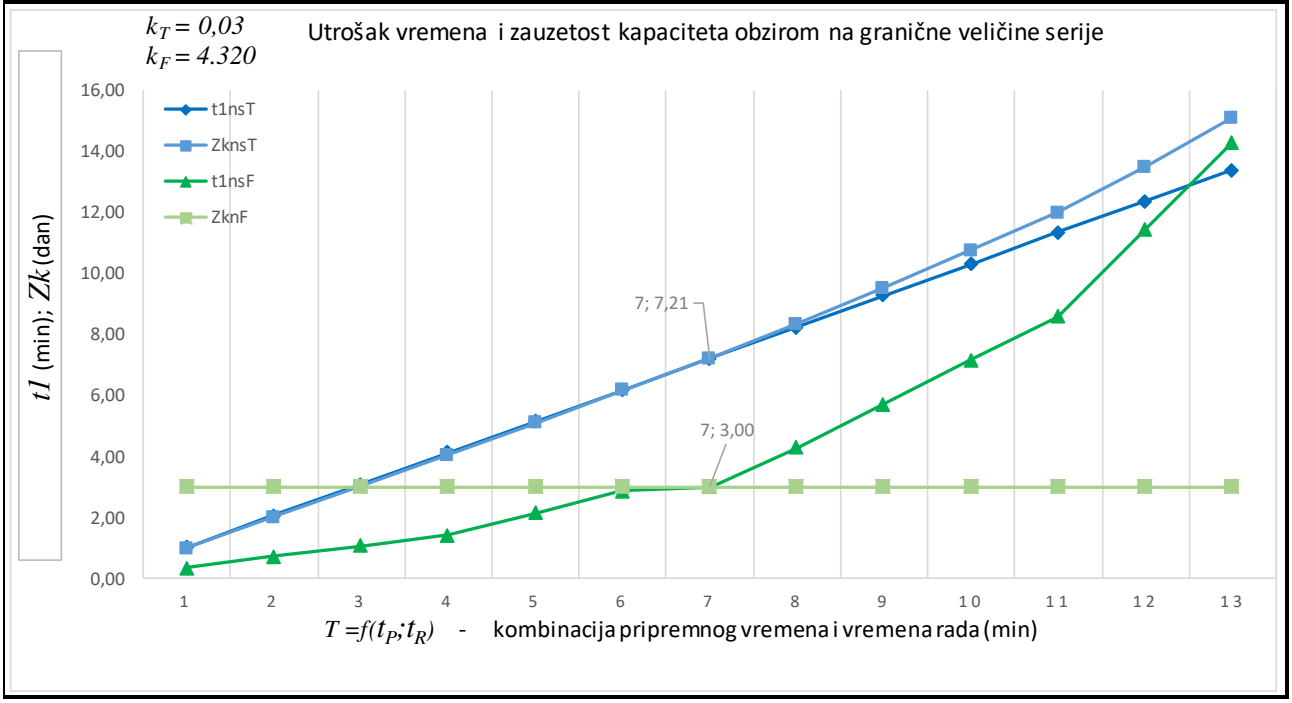
Elementi	k_T	0,030	∇k_T	1,00	0,030	kT=3%	7	k_F	4.320	∇k_F	1,00	4.320	kF=3 dana
t_P	15	30	45	60	90	120	125,83	180	240	300	360	480	600
t_R	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0
n_{sT}	500	500	500	500	600	667	599	750	889	1.000	1.091	1.333	1.538
n_{sF}	4.305	2.145	1.425	1.065	846	700	599	518	453	402	360	320	286



Slika S-09: ***Odnos graničnih veličina serije obzirom na vrijeme pripreme***

Svaka količina unutar intervala ima „svoje“ vrijednosti komadnog vremena i zauzetosti kapaciteta.

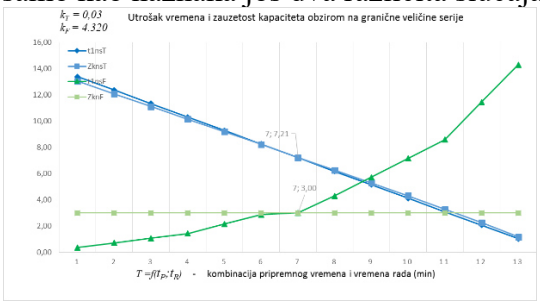
Elementi	k_T	0,030	∇k_T	1,00	0,030	kT=3%	7	k_F	4.320	∇k_F	1,00	4.320	kF=3 dana
t_P	15	30	45	60	90	120	125,83	180	240	300	360	480	600
t_R	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0
n_{sT}	500	500	500	500	600	667	599	750	889	1.000	1.091	1.333	1.538
n_{sF}	4.305	2.145	1.425	1.065	846	700	599	518	453	402	360	320	286
$t1_{nsT}$	1,03	2,06	3,09	4,12	5,15	6,18	7,21	8,24	9,27	10,30	11,33	12,36	13,39
Zk_{nsT}	1,00	2,01	3,03	4,06	5,11	6,17	7,21	8,35	9,53	10,75	12,00	13,50	15,10
$t1_{nsF}$	0,36	0,72	1,07	1,43	2,15	2,86	3,00	4,29	5,72	7,15	8,58	11,44	14,31
Zk_{nF}	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

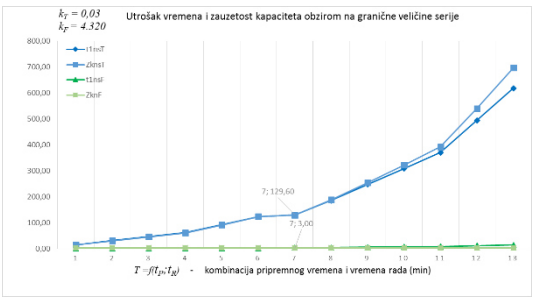


Slika S-10: ***Razlika utroška vremena i zauzetosti kapaciteta na granicama intervala veličine serije***

Na slici S-10 prikazan je primjer za točke u kojima uz porast vremena pripreme raste i vrijeme rada.

Analizirani su i drugi odnosi vremena pripreme i vremena rada, a na slici 11 se prikazuju samo kao naznaka još dva različita slučaja:





Slika S-11: ***a – vrijeme pripreme raste, a vrijeme rada pada*** ***b – vrijeme pripreme jednako je vremenu rada***

Odstupanje veličine serije između granične veličine po kriteriju troška i granične veličine po kriteriju fleksibilnosti uzrokuje potrebu za odabirom primjerenije količine od izračunatih graničnih količina. Može se govoriti o potrebi optimizacije veličine serije.

Optimalna količina označava se kao n_{sTF}, a za očekivati je da bi se trebala nalaziti unutar izračunatog graničnog intervala:

$$n_{s_{min}} \leq n_{sTF} \leq n_{s_{max}}$$

Kriterij optimalnosti može biti različit, iako bi se specifičnosti trebale ugraditi odmah u dva osnovna koeficijenta ($k_T; k_F$), tako da se izbjegne prevelika mogućnost odstupanja.

Problem je kolizija uvjeta optimalnosti svakog pojedinog kriterija:

$$k_{T_{min}} \rightarrow \quad n_s \rightarrow max$$
$$k_{F_{min}} \rightarrow \quad n_s \rightarrow min$$

Optimalizacija veličine serije može se vršiti na temelju različitih posebnih kriterija, a rezultat bi trebao težiti „uravnoteženoj" veličini serije obzirom na troškove i fleksibilnost. Određivanje optimalne količine je posebno problematično u slučajevima kada su vrijednosti oba koeficijenta veća od propisanih vrijednosti, budući se izborom veličine serije koja „poboljšava" jedan kriterij, drugi kriterij „pogoršava".

Za određivanje optimalne veličine serije nameće se 5 osnovnih mogućnosti:

- $n_{sTF/2}$ – METODA SREDNJE VRIJEDNOSTI
  - *veličina serije koja je u sredini intervala*
  - *izračunava se po jednadžbi:*

$$\boldsymbol{n_{sTF/2} = \frac{n_{sT} + n_{sF}}{2}}$$

- $n_{sTF(TiliK)}$ – METODA DOMINANTNOG KRITERIJA
  - *veličina serije koja je jednaka graničnoj veličini serije odabranog kriterija*
  - *odabrani kriterij automatski postaje dominantni kriterij*
    izračunava se po jednadžbi za graničnu veličinu odabranog kriterija,
    $\boldsymbol{n_{sTF} = n_{sT}}$ *ili* $\boldsymbol{n_{sTF} = n_{sF}}$
- n_{sTF-k1} – METODA OGRANIČENJA DOMINANTNOG KRITERIJA
  - *veličina serije koja ograničava maksimalnu vrijednost jednog kriterija*
  - *izračunava se po jednadžbi za graničnu veličinu odabranog kriterija, ali uzimajući u obzir novu vrijednost koeficijenta:*
    $\boldsymbol{n_{sTF+k1} = n_{sT} \rightarrow \left(k_T = k_{1T} \times k_{T_{nsT}}\right)}$ *ili* $\boldsymbol{n_{sTF+k1} = n_{sF} \rightarrow \left(k_F = k_{1F} \times k_{F_{nsF}}\right)}$
- $n_{sTF-ItP}$ – METODA PODJELE PODRUČJA
  - *veličina serije koja se izračunava po različitim kriterijima, ovisno o vremenu pripreme*
  - *jednadžba je uobičajeno jednaka jednoj od graničnih veličina, ili po dominantnom ograničenom kriteriju*
  - *izračunava se po više jednadžbi, ovisno o intervalu vremena pripreme:*

$$\boldsymbol{n_{sTF-ItP} = f(t_P)}$$

- $n_{sTF\cong}$ – METODA IZJEDNAČAVANJA ODSTUPANJA KOEFICIJENATA
  - *veličina serije kod koje je odstupanje oba koeficijenta od svojih odabranih vrijednosti jednako*
  - *izračunava se po jednadžbi koja zadovoljava uvjet:*

$$k_{TF} = \frac{k_{T_{nsF}}}{k_T} = \frac{k_{F_{nsFT}}}{k_F}$$

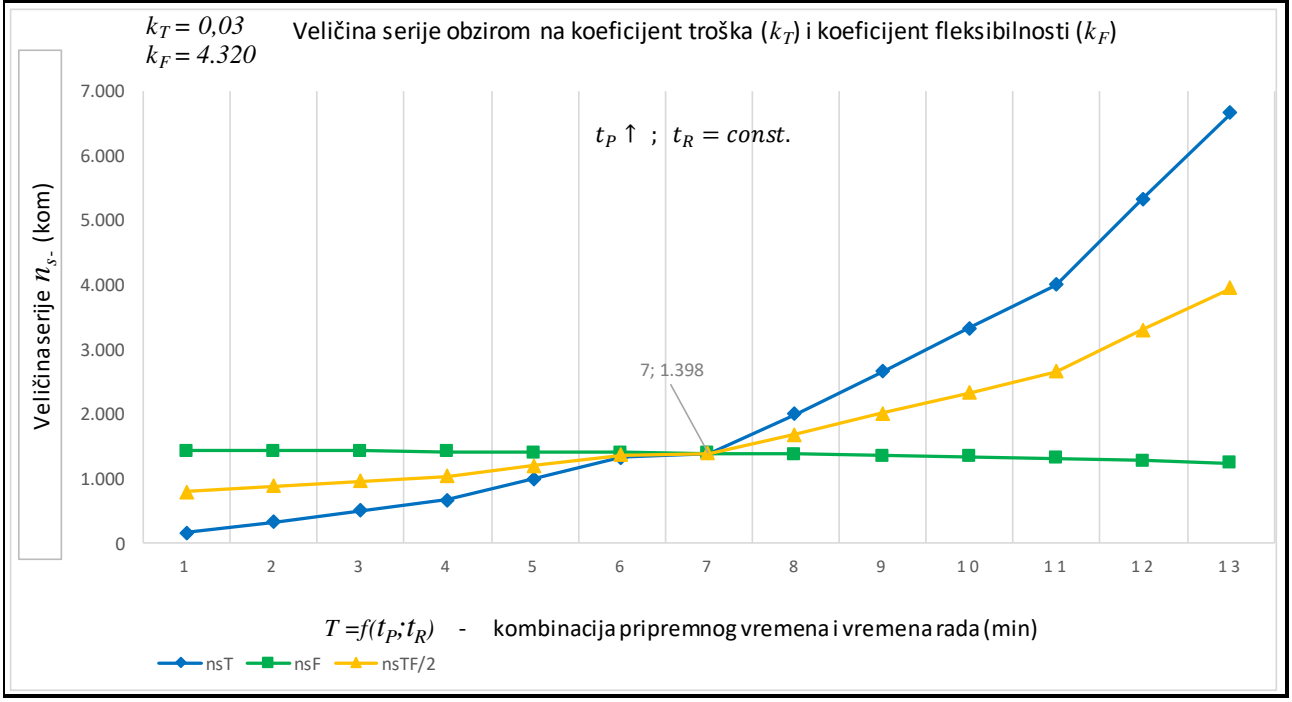
METODA SREDNJE VRIJEDNOSTI

Kao najjednostavniji kriterij optimalizacije nameće se odabir srednje vrijednosti, odnosno količina koja je jednako udaljena od gornje i donje granične točke:

$$n_{sTF/2} = \frac{n_{sT} + n_{sF}}{2}$$

Elementi	k_T	0,030	∇k_T	1,00	0,030	kT=3%	7	k_F	4.320	∇k_F	1,00	4.320	kF=3 dana
t_P	15	30	45	60	90	120	125,83	180	240	300	360	480	600
t_R	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

n_{sT}	167	333	500	667	1.000	1.333	1.398	2.000	2.667	3.333	4.000	5.333	6.667
n_{sF}	1.435	1.430	1.425	1.420	1.410	1.400	1.398	1.380	1.360	1.340	1.320	1.280	1.240
$n_{sTF/2}$	801	882	963	1.043	1.205	1.367	1.398	1.690	2.013	2.337	2.660	3.307	3.953



Slika S-12: ***Metoda srednje vrijednosti***

Ova metoda zadovoljava u područjima kada su obje granične količine relativno blizu.
Kod velikog intervala između gornje i donje granične količine, korištenje srednje vrijednosti vrlo lako može rezultirati neznatnim poboljšanjem jednog kriterija, uz istovremeno vrlo veliko pogoršanje drugog kriterija.
Npr. povećanje serije može neznatno smanjiti utrošak vremena, ali može značajno povećati zauzetost kapaciteta, ili obrnuto, smanjenje serije može neznatno smanjiti zauzetost kapaciteta, a značajno povećati utrošak vremena.
Za krajnje vrijednosti prikazanog primjera promjene kriterija su slijedeće:

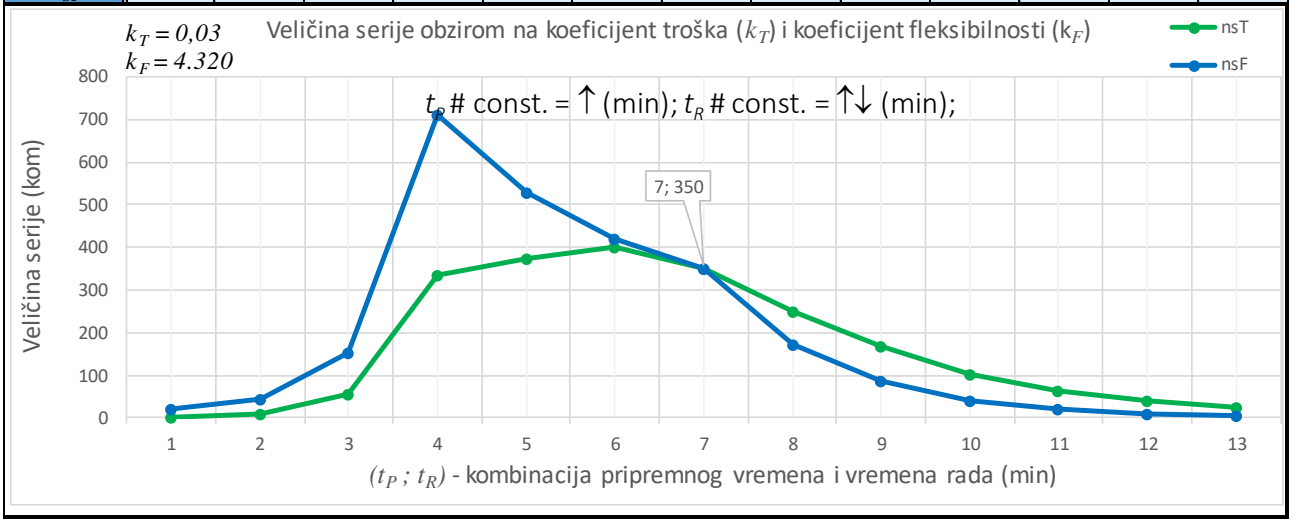
t_P	15	600
t_R	3,0	3,0
n_{sT}	167	6.667
n_{sF}	1.435	1.240
$n_{sTF/2}$	801	3.953
t_{1nsT} (min)	3,09	3,09
Zk_{nsT} (dana)	0,36	14,31
t_{1nsF} (min)	3,01	3,48
Zk_{nsF} (dana)	3,00	3,00
$t_{1nsTF/2}$ (min)	3,02	3,15
$Zk_{nsTF/2}$ (dana)	1,68	8,65

Minimalno vrijeme pripreme:
veličina serije po kriteriju troška: 167 kom; *t1* =3,09 min/kom; *Zk*= 0,36 dana
veličina serije po metodi srednje vrijednosti: 801 kom; *t1* =3,02 min/kom; *Zk*= 1,68 dana
veličina serije po kriteriju fleksibilnosti: 1.435 kom; *t1* =3,01 min/kom; *Zk*= 3,00 dana
Maksimalno vrijeme pripreme:
veličina serije po kriteriju troška: 6.667 kom; *t1* =3,09 min/kom; *Zk*=14,3 dana
veličina serije po metodi srednje vrijednosti: 3.953 kom; *t1* =3,15 min/kom; *Zk*= 8,65 dana
veličina serije po kriteriju fleksibilnosti: 1.240 kom; *t1* =3,48 min/kom; *Zk*= 3,00 dana
Dakle, odabir veličine serije u sredini intervala ne mijenja jednako oba kriterija.

METODA DOMINANTNOG KRITERIJA

Druga mogućnost optimalizacije veličine serije temelji se na odabiru „važnijeg“ kriterija. U ovom slučaju optimalizacija je jednokriterijalna, odnosno veličina serije odgovara graničnoj veličini serije sa stajališta dominantnog kriterija.
Z dominantan kriterij troška optimalna veličina serije je $n_{sTF} = n_{sT}$
dok za dominantniju fleksibilnost vrijedi $n_{sTF} = n_{sF}$

Elementi	k_T	0,030	∇k_T	1,00	0,030	kT=3%	7	k_F	4.320	∇k_F	1,00	4.320	kF=3 dana
t_P	15	30	45	60	90	120	125,83	180	240	300	360	480	600
t_R	200,0	94,0	28,0	6,0	8,0	10,0	12,0	24,0	48,0	96,0	192,0	384,0	768,0
n_{sT}	3	11	54	333	375	400	350	250	167	104	63	42	26
n_{sF}	22	46	153	710	529	420	350	173	85	42	21	10	5



Slika S-13: ***Metoda dominantnog kriterija***

Na grafu nije vidljiva krivulja optimalne veličine serije, budući se ona u potpunosti „poklapa“ sa krivuljom odabranog dominantnog kriterija.
„Poklapanje“ krivulja u grafičkom prikazu znači da jedna od tri krivulje nije vidljiva.

Odabir dominantnog kriterija uglavnom se temelji na trenutnom stanju naloga u proizvodnji, najčešće na temelju dinamike isporuke, odnosno zauzetosti kapaciteta.
Ukoliko je rok isporuke dominantan, neće se gledati na utrošak vremena ($n_{sTF} = n_{sF}$), a u slučaju slobodnih kapaciteta (nema posla) neće se gledati na fleksibilnost ($n_{sTF} = n_{sT}$).

Optimalna veličina serije već je izračunata u OTP-u, pa je u algoritmu potrebno samo ostaviti mogućnost izbora dominantnog koeficijenta.
U OTP-u ova metoda nije pogodna zbog ne mogućnosti potpune automatizacije, ali se u algoritmu na različite načine može predvidjeti rješenje izbora dominantnog kriterija.
Jedno od mogućnosti je i minimalna promjena vrijednosti definiranog koeficijenta, što aplikaciji automatizirano ukazuje na veću važnost kriterija čiji je koeficijent promijenjen.

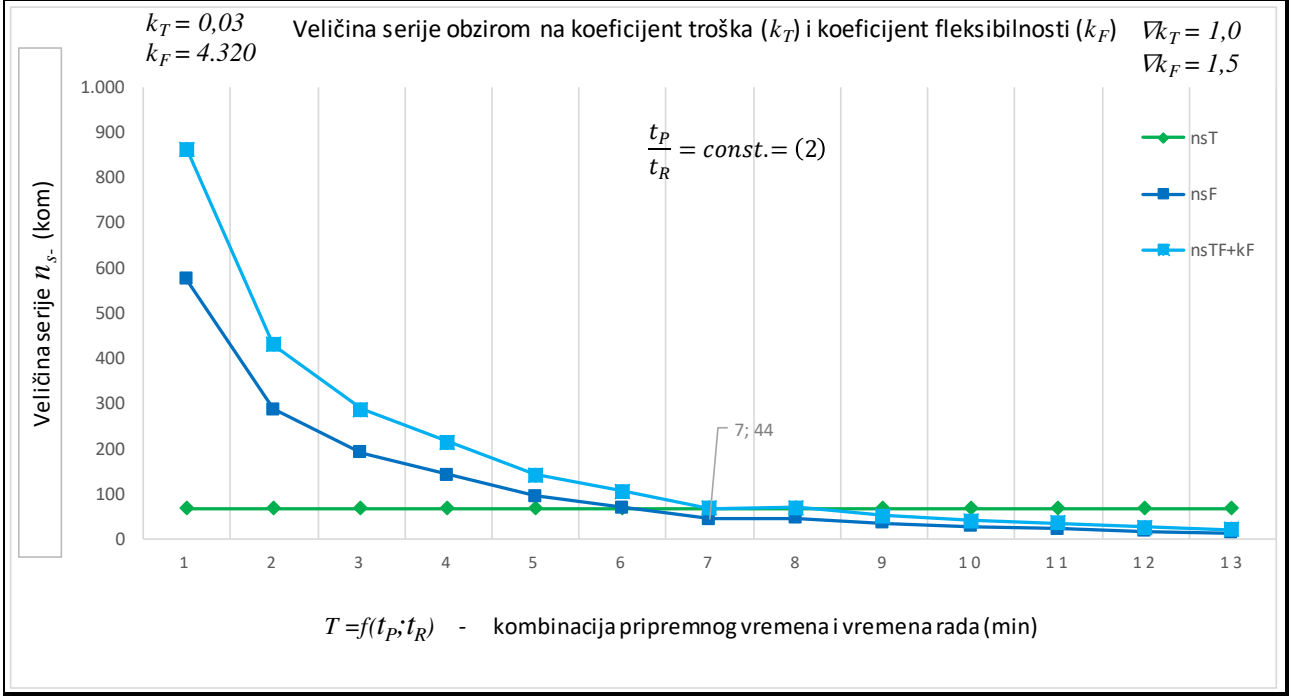
METODA OGRANIČENJA DOMINANTNOG KRITERIJA

Treća mogućnost optimalizacije veličine serije temelji se na apsolutnom ograničenju jednog od utvrđenih koeficijenata.

Praktički to znači da se može dodatno ograničiti maksimalna ili minimalna vrijednost koeficijenta za koji se smatra da je za određeni slučaj značajniji.

Elementi	k_T	0,030	∇k_T	1,00	0,030	kT=3%	7	k_F	4.320	∇k_F	1,50	6.480	kF=4,5 dana
t_P	15	30	45	60	90	120	188,74	180	240	300	360	480	600
t_R	7,5	15,0	22,5	30,0	45,0	60,0	94,4	90,0	120,0	150,0	180,0	240,0	300,0

n_{sT}	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
n_{sF}	574	286	190	142	94	70	44	46	34	27	22	16	12
n_{sTF+kF}	862	430	286	214	142	106	67	70	52	41	34	25	20



Slika S-14: ***Metoda ograničenja dominantnog kriterija***

Na slici S-14 je prikazan slučaj kada se ograničavaju (mijenjaju vrijednosti) kriterija fleksibilnosti. Za primijetiti je da se ovime mijenja i pripremno vrijeme u kojem su granične veličine serije jednake.

Za kombinaciju povećanja utroška vremena od 3 % (k_T=*0,03*) i promijenjene granice zauzetosti kapaciteta na 4,5 dana ($k_{Fpromijenjeno}$=*1,5x4.320 =6.480*) neutralno pripremno vrijeme iznosi cca 3 sata (188,74 minute).

Očekivano, za povećanje zauzetosti kapaciteta veličina serije raste. U slučaju kada je $\nabla k_F < 1$ veličina serije se smanjuje.

Slično vrijedi i u slučaju izbora dominantnog kriterija troška, samo u tom slučaju sa povećanjem koeficijenta troška veličina serije pada.

Kao i u prethodnoj metodi, u OTP algoritam se može ugraditi mogućnost promjene vrijednosti koeficijenta.

Za napomenuti je da se ne predviđa istovremena promjena oba koeficijenta, jer se pri optimalizaciji veličine serije traži jedna zakonitost po kojoj se određuje veličina serije, a ne dvije ili više njih.

METODA PODJELE PODRUČJA

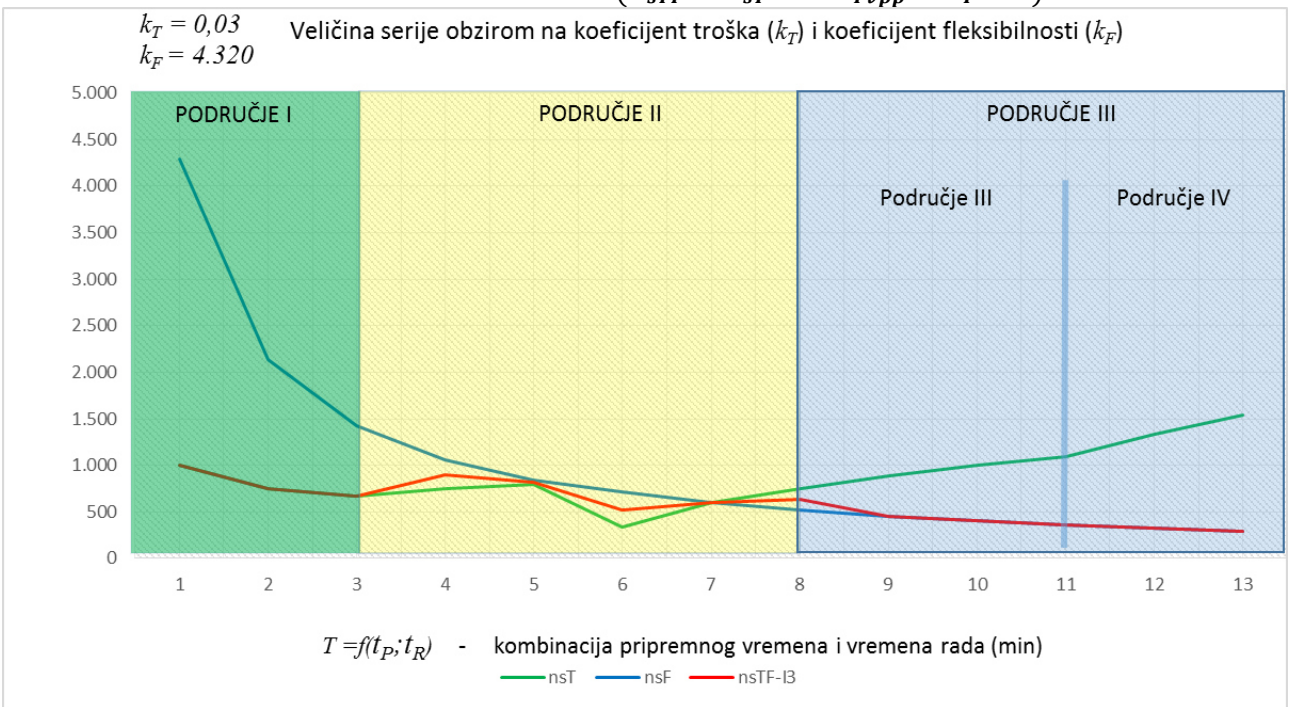
Četvrta moguća metoda je podjela područja obzirom na vrijeme pripreme. Kao što je već utvrđeno za pripremno vrijeme od 125,83 minute veličina serije je ista za oba kriterija, pa vrijedi:

$t_p \cong 125{,}83\ minute \quad \rightarrow \quad n_{TF} = n_{sT} = n_{sF}$

Područje oko vremena pripreme od 120 minuta je „uravnoteženo“ sa stajališta oba definirana kriterija.

Nameće se potreba za podjelom područja pripremnih vremena na tri (eventualno 4) dijela:

- PODRUČJE MANJEG PRIPREMNOG VREMENA
  - *interval*
    $$\boldsymbol{t_p < 60}$$
  - *vrijedi zakonitost fleksibilnosti*
    $$\boldsymbol{n_{sTF} = n_{sF}}$$
- PODRUČJE SREDNJEG PRIPREMNOG VREMENA
  - *interval*
    $$\boldsymbol{60 \leq t_p \leq 180}$$
  - *vrijedi zakonitost srednja vrijednost intervala*
    $$\boldsymbol{n_{sTF} = \frac{n_{sT}+n_{sF}}{2}}$$
- PODRUČJE VELIKOG PRIPREMNOG VREMENA
  - *interval*
    $$\boldsymbol{180 < t_p} \quad \textit{ili} \quad \boldsymbol{(180 < t_p \leq 360)}$$
  - *vrijedi zakonitost troška (uz promjenu koeficijenta troška)*
    $$\boldsymbol{n_{sTF} = n_{sT} \rightarrow \quad (n_{sTF} = n_{sT} \quad uz\ k_{Tvpp} = k_T \times X)}$$
- PODRUČJE VRLO VELIKOG PRIPREMNOG VREMENA
  - *interval*
    $$\boldsymbol{360 \leq t_p}$$
  - *vrijedi zakonitost troška uz promjenu koeficijenta troška*
    $$\boldsymbol{(n_{sTF} = n_{sT} \quad uz\ k_{Tvpp} = k_T \times X)}$$



Slika S-15: ***Metoda podjele područja***

METODA IZJEDAČAVANJA ODSTUPANJA OBA KOEFICIJENTA

Peta mogućnost optimalizacije veličine serije temelji se na zamisli da se odabere upravo ona količina u intervalu koja jednako mijenja odstupanja oba kriterija od njihove zadane vrijednosti:

$$\nabla k_T = \nabla k_F$$

Uvjet optimalizacije je točka u kojoj je relativno odstupanje oba koeficijenta jednako u odnosu na njihove granične vrijednosti.

$$k_{TF} = \frac{k_{T_{nsTF}}}{k_{T_{nsT}}} = \frac{k_{F_{nsTF}}}{k_{F_{nsF}}}$$

Iz graničnih veličina serije može se stvoriti set jednadžbi:

$k_{T_{nsTF}} = \frac{t_P}{n_{sTF} \times t_R}$

$k_{T_{nsT}} = k_{T_{otp}} = k_T \quad \rightarrow \quad k_{TF} = \frac{t_P}{k_T \times n_{sTF} \times t_R}$

$k_{F_{nsTF}} = t_P + n_{sTF} \times t_R$

$k_{F_{nsF}} = k_{F_{otp}} = k_F = 4.320 \rightarrow \quad k_{TF} = \frac{t_P + n_{sTF} \times t_R}{k_F}$

Oduzimanjem jednadžbi može se odrediti veličina serije za zadani uvjet:

$$0 = \frac{t_P}{k_T \times n_{sTF} \times t_R} - \frac{t_P + n_{sTF} \times t_R}{k_F} \quad \rightarrow \quad \frac{t_P}{k_T \times n_{sTF} \times t_R} = \frac{t_P + n_{sTF} \times t_R}{k_F}$$

$$k_F \times t_P = (k_T \times n_{sTF} \times t_R) \times (t_P + n_{sTF} \times t_R)$$

$$k_F \times t_P = k_T \times n_{sTF} \times t_R \times t_P + k_T \times n_{sTF}^2 \times t_R^2$$

što se uređivanjem može svesti na kvadratnu jednadžbu

$$n_{sTF}^2 \times k_T \times t_R^2 + n_{sTF} \times k_T \times t_R \times t_P - k_F \times t_P = 0$$

Budući su elementi vremena (vrijeme pripreme i vrijeme rada) poznati (zadani) sukladno općem rješenju kvadratne jednadžbe, članovi kvadratne jednadžbe su:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$a = k_T \times t_R^2 \quad \rightarrow$ za $(k_T = 0{,}03; k_F = 4.320) \quad \rightarrow \quad a = 0{,}03 \times t_R^2$

$b = k_T \times t_P \times t_R \quad \rightarrow$ za $(k_T = 0{,}03; k_F = 4.320) \quad \rightarrow \quad b = 0{,}03 \times t_P \times t_R$

$c = -k_F \times t_P \quad \rightarrow$ za $(k_T = 0{,}03; k_F = 4.320) \quad \rightarrow \quad c = -4.320 \times t_P$

Kako su pripremno vrijeme i vrijeme rada veličine koje ne mogu biti manje od nule, diskriminanta ove kvadratne jednadžbe uvijek je veća od nule, što znači da i sama jednadžba ima dva realna rješenja.

$a > 0$
$b^2 > 0 \quad \rightarrow \quad D = b^2 - 4ac > 0$
$c < 0$

Budući da veličina serije ne može biti manja od nule, uzima se pozitivno rješenje kvadratne jednadžbe, kao rješenje za optimalnu veličinu serije obzirom na uvjet jednakog uvažavanja oba kriterija:

$$n_{sTF} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

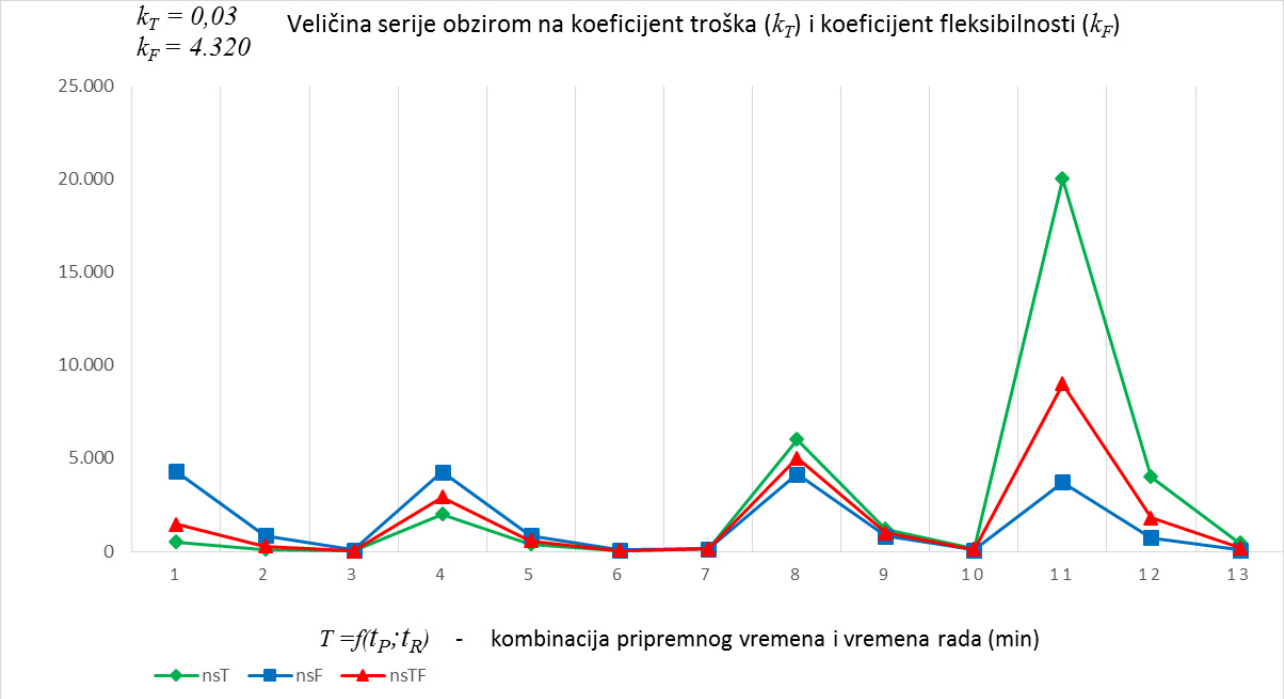
odnosno za odabrane koeficijente troška i fleksibilnosti vrijedi:

$$n_{sTF} = \frac{-k_T \times t_P \times t_R + \sqrt{(k_T \times t_P \times t_R)^2 - 4 \times (k_T \times t_R^2) \times (-k_F \times t_P)}}{2 \times k_T \times t_R^2} \quad \text{..... J-10}$$

U praksi je moguće da se vrijednosti koeficijenata troška i fleksibilnosti razlikuju od tvrtke do tvrtke, ili čak i da se za istu tvrtku s vremenom mijenjaju.
Ovaj slučaj ne utječe na automatizaciju projektiranja tehnološkog procesa, budući se vrijednosti koeficijenata mogu „postaviti“ na željenu vrijednost prilikom prve instalacije aplikacije, ili „promijeniti“ u bilo kojem trenutku za vrijeme korištenja.
U svakom slučaju radi se o internim konstantama koje se mogu mijenjati, ali ne utječu na automatizaciju projektiranja tehnoloških procesa za bilo koji izradak.

Za OTP definirane koeficijente vrijedi jednadžba:

$$n_{sTF} = \frac{-0{,}03 \times t_P \times t_R + \sqrt{(0{,}03 \times t_P \times t_R)^2 + 518{,}4 \times t_P \times t_R^2}}{0{,}06 \times t_R^2}$$



Slika S-16: ***Metoda izjednačavanja odstupanja oba koeficijenta***

Kao što je na slici 16 vidljivo, u nekim slučajevima je optimizirana veličina serije po ovoj metodi „bliža“ graničnoj veličini po kriteriju troška, a u drugim slučajevima je „bliža“ graničnoj veličini po kriteriju fleksibilnosti.
U svim slučajevima je odstupanje koeficijenata, u optimiziranoj veličini serije po ovoj metodi, jednako za oba koeficijenta, u odnosu na njihove referentne vrijednosti.

ODABIR OPTIMALNE METODE

Za različite odnose pripremnog vremena i vremena rada napravljeni su izračuni optimalne veličine serije po svih pet navedenih metoda.

Elementi	k_T	0,030	∇k_T	1,50	0,045	kT=4,5%	7	k_F	4.320	∇k_F	1,50	6.480	kF=4,5 dana
t_P	15	15	15	60	60	60	125,83	180	180	180	600	600	600
t_R	1,0	15,0	600,0	1,0	60,0	600,0	3,0	1,0	180,0	600,0	1,0	600,0	1.200,0
n_{sT}	500	33	1	2.000	33	3	1.398	6.000	33	10	20.000	33	17
k_{TnsT} (%)	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
k_{EnsT} (dana)	0,36	0,36	0,36	1,43	1,43	1,43	3,00	4,29	4,29	4,29	14,31	14,31	14,31
n_{sF}	4.305	287	7	4.260	71	7	1.398	4.140	23	7	3.720	6	3
k_{TnsF} (%)	0,35%	0,35%	0,35%	1,41%	1,41%	1,41%	3,00%	4,35%	4,35%	4,35%	16,13%	16,13%	16,13%
k_{EnsF} (dana)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
$n_{sTF/2}$	2.403	160	4	3.130	52	5	1.398	5.070	28	8	11.860	20	10
$k_{TnsTF/2}$ (%)	0,62%	0,62%	0,62%	1,92%	1,92%	1,92%	3,00%	3,55%	3,55%	3,55%	5,06%	5,06%	5,06%
$k_{EnsTF/2}$ (dana)	1,68	1,68	1,68	2,22	2,22	2,22	3,00	3,65	3,65	3,65	8,65	8,65	8,65
n_{sTF+kT}	333	22	1	1.333	22	2	932	4.000	22	7	13.333	22	11
$k_{TnsTF+kT}$ (%)	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%
$k_{EnsTF+kT}$ (dana)	0,24	0,24	0,24	0,97	0,97	0,97	2,03	2,90	2,90	2,90	9,68	9,68	9,68
n_{sTF+kF}	6.465	431	11	6.420	107	11	2.118	6.300	35	11	5.880	10	5
$k_{TnsTF+kF}$ (%)	0,23%	0,23%	0,23%	0,93%	0,93%	0,93%	1,98%	2,86%	2,86%	2,86%	10,20%	10,20%	10,20%
$k_{EnsTF+kF}$ (dana)	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
n_{sTF-I3}	500	33	1	3.130	52	5	1.398	5.070	28	8	3.720	6	3
$k_{TnsTF-I3}$ (%)	3,00%	3,00%	3,00%	1,92%	1,92%	1,92%	3,00%	3,55%	3,55%	3,55%	16,13%	16,13%	16,13%
$k_{EnsTF-I3}$ (dana)	0,36	0,36	0,36	2,22	2,22	2,22	3,00	3,65	3,65	3,65	3,00	3,00	3,00
$n_{sTF\cong}$	1.462	97	2	2.910	48	5	1.398	5.002	28	8	9.000	15	8
$k_{TnsTF\cong}$ (%)	1,03%	1,03%	1,03%	2,06%	2,06%	2,06%	3,00%	3,60%	3,60%	3,60%	6,67%	6,67%	6,67%
$k_{EnsTF\cong}$ (dana)	1,03	1,03	1,03	2,06	2,06	2,06	3,00	3,60	3,60	3,60	6,67	6,67	6,67

Tabela T-05: ***Usporedbena tablica rezultata svih metoda optimalizacija***

Odabir optimalne varijante vrši se na temelju najboljeg „poklapanja“ oba kriterija sa OTP vrijednostima koeficijenata.

- JEDNOKRITERIJSKE METODE
  - *metoda dominantnog ili ograničenog dominantnog kriterija ne doprinose značajnom poboljšanju rezultata*
  - *dodatni nedostatak je i nemogućnost apsolutne automatizacije, tako da ne ulaze u izbor za optimalnu metodu.*
- METODE PRILAGOĐAVANJA
  - *metoda srednje vrijednosti i metoda podjele područja daju bolje rezultate, ali u određenim kombinacijama vremena pripreme i vremena rada ne doprinose dovoljno poboljšanju rezultata*
  - *dodatni nedostatak je i zavisnost područja o elementima vremena, tako da ne ulaze u izbor za optimalnu metodu.*
- METODA IZJEDNAČENOG UTJECAJA OBA KRITERIJA
  - *rezultati po ovoj metodi najbolje „uravnotežuju“ veličinu serije po oba kriterija*
  - *rezultat je jednoznačan, a može se kvantificirati jednadžbom koja ovisi o elementima vremena i postavljenim kriterijima*
  - *metoda je vrlo pogodno za automatiziranu aplikaciju*

Dakle, kao optimalna metoda za korištenje u OTP-u odabire se metoda izjednačenog utjecaja oba kriterija, odnosno:

$$n_{sTF} = n_{sTF_{\cong}}$$

a njen rezultat smatra se optimalnom veličinom serije.

Broj serija (n_{ns})

Broj serija je pomoćna veličina kojom se iskazuje broj jednokratnih kalendarskih perioda u kojima će se proizvesti ukupna količina izratka.

Broj serija određuje se na temelju odnosa ukupne količine i optimalne veličine serije:

$$n_{ns} = \frac{n_u}{n_{sTF}} \quad \text{..... J-11}$$

Obzirom na prirodu ove veličine, rezultat se iskazuje kao cjelobrojna veličina, i to na način da se dobiveni rezultat zaokružuje na prvi bliži cijeli broj:

$$n_{ns} = round\left(\frac{n_u}{n_{sTF}}; 0\right)$$

Za poseban slučaj kada je računski broj serija manji od 1 prilikom zaokruživanja potrebno je zadovoljiti uvjet da se izradak proizvede u najmanje jednoj seriji: $n_{ns} \geq 1$

S druge strane, potrebno je voditi računa i o tome da broj serija ne bude prevelik obzirom na učestalost u kalendarskom vremenu

Ukoliko je broj serija prevelik, može se dogoditi slučaj u kojem bi slijedeća serija već trebala započeti, a da prethodna još nije ni završena. Praktički to znači da su sve serije povezane u jednu, odnosno da se cjelokupna izrada praktički odvija u samo jednoj seriji.

- METODA KALENDARSKOG TJEDNA
  - *cjelokupna proizvodnja se promatra kroz period od najdulje godinu dana (12 mjeseci), a smatra se da nije dobro ponavljati seriju unutar istog tjedna*
  - *za slučaj kada je odnos ukupne količine i optimalne veličine serije veći od 50, praktički se u kalendarskom vremenu serije počinju spajati*
  - *broj serija se određuje prema slijedećim uvjetima:*

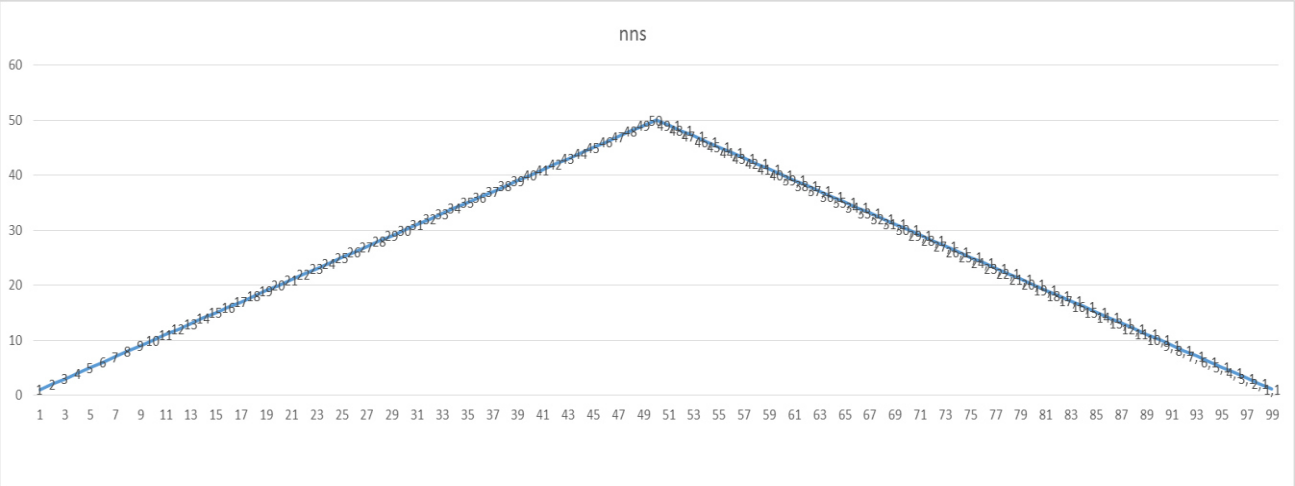
$$\frac{n_u}{n_{sTF}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad n_{ns} = 1$$

$$1 > \frac{n_u}{n_{sTF}} \leq 50 \quad \rightarrow \quad n_{ns} = \frac{n_u}{n_{sTF}} \quad \text{(zaokruženo na 1 decimalu)*}$$

$$50 > \frac{n_u}{n_{sTF}} \leq 100 \quad \rightarrow \quad n_{ns} = 100 - \frac{n_u}{n_{sTF}} \quad \text{(zaokruženo na 2 decimale)*}$$

$$\frac{n_u}{n_{sTF}} > 100 \quad \rightarrow \quad n_{ns} = 1$$

*zaokružuje se na 1 ili 2 decimale da se naznači odnos ukupne količine i optimalne veličine serije



Slika S-17: ***Metoda kalendarskog tjedna***

Cjelovita sintaksa u algoritmu može se napisati kao:

$$n_{ns} = round\left(IF\left(OR\left(\frac{n_u}{n_{sTF}} < 1; \frac{n_u}{n_{sTF}} > 100\right); 1; IF\left(\frac{n_u}{n_{sTF}} > 50; \left(100 - \frac{n_u}{n_{sTF}}\right); \frac{n_u}{n_{sTF}}\right)\right); 0\right)$$

Veličina serije (n_s)

Veličina serije je veličina kojom se iskazuje količina izradaka koji će se jednokratno proizvesti.

Veličina serije ovisi o ukupnoj količini proizvoda i broju jednokratnih kalendarskih perioda u kojima će se proizvesti:

$$n_s = \frac{n_u}{n_{ns}} \qquad \text{..... J-12}$$

Za slučaj kada je $1 < \frac{n_u}{n_{sTF}} \leq 50$, dakle kada ukupna količina nije manja od optimalne, a ni više od 50 puta veća od optimalne, uvrštenjem jednadžbe J-11 u J-12 može se veličina serije iskazati i izrazom:

$$n_s = \frac{n_u}{n_{ns}} \quad \rightarrow \quad n_s = \frac{n_u}{\frac{n_u}{n_{sTF}}} \quad \rightarrow \quad n_s = n_{sTF}$$

Obzirom na zaokruživanje, rezultat po obje jednadžbe ne mora biti identičan, pa vrijedi:

$$n_s \cong n_{sTF}$$

Određivanje veličine serije određuje se na temelju J-12, pri čemu je broj serija uvijek cijeli broj.

Kao i kod broja serija, prirodno je da se rezultat iskazuje kao cjelobrojna veličina, i to na način da se dobiveni rezultat zaokružuje na prvi bliži cijeli broj:

$$n_s = round\left(\frac{n_u}{n_{ns}}; 0\right)$$

Razlika zaokruživanja ovisi o udaljenosti računske vrijednosti od zaokruženog cijelog broja, ali za potrebe OTP-a ona nije značajna.

Potrebno je samo voditi računa u proizvodnji da se razlika nadoknadi povećanjem ili smanjenjem jedne serije za ukupnu razliku u broju komada nastalu zbog zaokruživanja:

$$\Delta_{ns} = n_u - n_{ns} \times n_s \quad \rightarrow \quad n_{s(zadnje\ serije)} = n_s + \Delta_{ns}$$

Ovime se osigurava da će se uračunati izrada ukupne količine, što u slučaju većeg broja serije pri zaokruživanju „na dolje“ ne mora biti slučaj.

Za napomenuti je da se u OTP-u izračunava veličina serije za svaku pojedinu operaciju, te je moguće uzeti u obzir i potrebne veličine serija obzirom na redoslijed operacija.

Uzimanje u obzir međusobnih odnosa veličina serija za svaki pojedini tehnološki postupak u redoslijedu operacija, kriterij optimalnosti proizvodnog procesa postaje važniji od kriterija optimalnosti tehnološkog procesa.

Ovaj dio može biti dodatno ugrađen u OTP algoritmu, ali sa stajališta osnovnog tehnološkog procesa to je samo „“nadogradnja“ algoritma.

Jednadžbe za izračun veličine serije postaju sastavni dio cjelovitog OTP algoritma, a za potrebe ovog rada napravljena je i samostalna aplikacija u MS Excelu, u koju se osnovni podaci upisuju ručno.

Prikaz ove aplikacije dat je na slici S-18, a sama aplikacija u MS Excelu prilaže se uz ovaj rad (PRILOG B: Veličine serije u OTP-u)

T-02	OTP VELIČINA SERIJE - n_s	02-01

ULAZNI PODACI		
IZRADAK	Osovina S-688	
	3D-177	
n_u	6.900	kom
t_P	60,00	min
t_R	3,0	min/kom
OTP KONSTANTE		
k_T	0,030	125,83
k_F	4.320	
OTP KOLIČINE (kom)		
n_{sT}	666,7	troškovnost
n_{sF}	1.420,0	fleksibilnost
n_{sTF}	969,8	7,11
n_{ns}	7,1	7
n_s	985,71	**986**

STAVKA			UTROŠAK VREMENA		RAZLIKA UTROŠKA	
naziv	oznaka	jedinica mjere	minimalni	OTP	apsolutna	relativna
			$n_s = n_u$	$n_s = n_{sTF}$	$n_s - n_u$	$\frac{n_s}{n_u} - 1$
broj serija	n_{ns}	kom	1	7	6	
veličina serije	n_s	kom	6.900	**986**	-5.914	
priprema po komadu	t_{PI}	min/kom	0,0087	0,06	0,05	
rad po komadu	t_R	min/kom	3,0	3,0		
komadno vrijeme	t_I	min/kom	3,0087	3,0609	0,05	1,73%
vrijeme za seriju	t_s	h/n_s	346,00	50,30		
vrijeme za ukupno	t_u	h/n_u	346,00	352,10	6,10	1,76%
kalendarski period za seriju	Z_{kns}	dana	14,42	2,10		
kalendarski period za ukupno	Z_{knu}	dana	14,42	14,67	0,25	1,76%
OTP KOEFICIJENTI	k_T	%	0,29%	2,03%	-0,97%	-0,97%
	k_F	dana	14,42	2,10	-0,90	-0,90
veličina prve ili zadnje (različite) serije			6.900	6.902	**984**	kom

Slika S-18: ***MS Excel aplikacija za izračun veličine serije u OTP-u***

Prikazan je primjer izračuna veličine serije za ukupnu količinu 6.900 komada izradaka, za operaciju čija priprema traje 60 minuta, a vrijeme rada po komadu iznosi 3 minute. Ujedno su to i svi potrebni ulazni podaci.
U praktičnoj primjeni, ukupna količina se navodi uz nalog, a podaci o utrošku vremena se određuju automatizirano OTP algoritmom.

Za prikazani primjer optimalna veličina serije je 986 komada, dok bi sa stajališta troška mogla biti i samo 666,7 komada, odnosno sa stajališta fleksibilnosti čak i 1.420 komada. Optimalna veličina serije povećava trošak za 1,74% (sa minimalnih 0,29% na 2,03%), a smanjuje zauzetost kapaciteta sa 14,42 dana na 2,10 dana (za slučaj rada u tri smjene na dan).
Za optimalnu veličinu serije od 986 komada oba koeficijenta su manja od preddefiniranih vrijednosti, i to trošak za 0,97% (2,03% - 3,00%), a zauzetost kapaciteta za 0,90 dana (2,10 dana – 3,00 dana).
Neujednačenost koeficijenata (-0,97% i -0,9 dana) posljedica je izrade u 7 serija, pa je optimalna veličina serije povećana sa računskih 969,8 komada, na 986 komada.
Jedna serija može biti manja za 2 komada, i iznosi 984 komada, što sa preostalih 6 serija po 986 komada čini ukupnu količinu od zadanih 6.900 komada.

Ovime je problem automatizacije definiranja količina u OTP-u u potpunosti riješen.

LITERATURA

T-06	Tabela popisa literature					01-03
POPIS LITERATURE						
R. broj	Autor	Naziv	Izdavač	Grad	Godina	ISBN
01	**ĆOSIĆ,** Predrag					
		OSNOVE PROJEKTIRANJA TEHNOLOŠKOG PROCESA				
			http:77ptp.fsb.hr	ZAGREB	2002	
02	**HALEVI,** G.					
		PRINCIPLES OF PROCESS PLANNING				
			CHAPMAN & HALL	LONDON	1995	0-412-54360-5
03	**ĆOSIĆ,** Predrag					
		SYSTEMATIZATION OF THE PROCESS PLANNING KNOWLEDGE AS THE NECESSARY STEP FOR CAPP IMPLEMENTATION				
			ANNALS OF DAAAM	VIENNA	2002	(pp.107-108)
04	**ANTOLIĆ**, Dražen					
		PROCJENA VREMENA IZRADE PROIZVODA REGRESIJSKIM MODELIMA OPERATIVNA PRIPREMA RADA POSLOVANJE SPECIJALNIM ALATIMA				
			FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE - ZAGREB	ZAGREB	2007	magistarski rad
05	**TABORŠAK**, Drago					
		STUDIJ RADA				
			TEHNIČKA KNJIGA	ZAGREB	1987	86-7059-047-6

PRILOZI

Prilozi ovo rada dati su u izvornom obliku (MS Excel datoteka)

T-07	Tabela popisa priloga			01-01
POPIS PRILOGA				
Redni broj	Oznaka	Naziv	Komentar	Listova*
1	**A**	**Aplikacija za određivanje granične veličine serije za izbor primarnog procesa**	MS Excel aplikacija	1
2	**B**	**Aplikacija za određivanje optimalne veličine serije u redoslijedu operacija**	MS Excel aplikacija	2

* Brojevi u zadnjem stupcu u tablici označavaju broj listova u tabeli u MS Excel datoteci.

PRILOG B

PROCJENA CIJENE KOŠTANJA SPECIJALNOG ALATA U OTP METODI

SADRŽAJ

SAŽETAK II
KLJUČNE RIJEČI III
POPIS JEDNADŽBI IV
POPIS SLIKA V
POPIS TABLICA VI
UVOD 7
1. OTP LIST 8
2. TROŠKOVI U OTP-U 10
3. PROCJENA CIJENE KOŠTANJA SPECIJALNOG ALATA 14
3.1 DEFINIRANJE PROBLEMA 15
3.2 ANALIZA DOSTUPNIH ČINJENICA 16
3.3 DEFINIRANJE UTJECAJNIH FAKTORA 17
3.4 UZORAK ISTRAŽIVANJA 18
3.5 OBRADA PODATAKA 20
3.6 MODEL 22
3.7 REGRESIJSKI MODEL PROCJENE TROŠKA SPECIJALNOG ALATA ZA ŠTANCE 24
3.8 ZAKLJUČAK ISTRAŽIVANJA 27
LITERATURA 29
PRILOZI 30

SAŽETAK

Rad se bavi istraživanjem mogućnosti automatiziranog kvantificiranja troškova izrade specijalnih alata.
Trošak specijalnih alata značajan je trošak u cijeni koštanja konačnog „tržišnog„ proizvoda, odnosno, konkurentnost proizvoda na tržištu ovisi i o cijeni specijalnog alata. Nije rijedak slučaj u praksi da se već konstruiran i tehnološki definiran specijalni alat nikada ne materijalizira iz razloga što njegov proizvod nije tržišno isplativ. U tom slučaju nastali troškovi konstruiranja specijalnog alata, troškovi planiranja tehnološkog procesa i troškovi određivanja njegove cijene koštanja predstavljaju nepovratni trošak za tvrtku.

Problem je procjena cijene koštanja specijalnog alata bez njegove konstrukcijske i tehnološke dokumentacije.

Cilj je smanjiti troškove razvoja specijalnog alata, i skraćenje roka davanje ponude kupcima specijalnih alata, uz prihvatljivo odstupanje procijenjenog troška specijalnog alata u odnosu na kalkuliranu cijenu koja se temelji na podacima kompletne tehničke i tehnološke dokumentacije.

Pretpostavka je da cijena koštanja specijalnog alata ovisi o značajkama izratka koji će se u njemu proizvoditi.
Značajke izratka poznate su prije donošenja odluke o potrebi za specijalnim alatom.

Istraživanje je izvršeno na uzorku od 14 specijalnih alata za štancanje koji su stvarno napravljeni.
Podaci u uzorku su prikupljeni u alatnici promatrane tvrtke, i predstavljaju stvarne podatke. Značajke izratka utvrđene su sa stvarnog crteža, a vrijeme izrade utvrđeno je na temelju konstrukcijske dokumentacije i planiranog tehnološkog procesa.

Kao osnovni model rješavanja problema odabrana je metoda REGRESIJSKE ANALIZE.
Prije regresijskog modeliranja prikupljeni podaci su obrađeni metodama za otkrivanje strukture povezanosti među varijablama u cilju redukcije varijabli u budućim modelima.

Rješenje je linearni regresijski model sa 6 nezavisnih varijabli, kojim se procjenjuje utrošak vremena izrade specijalnog alata.
Dobiveni model rezultirao je čvrstom vezom vremena izrade specijalnog alata i značajki njegova izratka. (Pearsonov koeficijent linearne korelacije r =0,97)
Čvrsta veza ukazuje da postoji zakonitost, te je moguće rješenje problema, procjena vremena izrade, iskazivo jednadžbom.
Jednadžba za procjenu vremena izrade temeljena na konkretnom uzorku glasi:

$$\hat{Y} = 86{,}72 - 0{,}00092 \times X_1 + 50{,}00402 \times X_2 + 0{,}003974 \times X_3 + 1{,}006231 \times X_4 + 45{,}61688 \times X_5 - 8{,}92558 \times X_6$$

Dakle, rješenje je u potpunosti matematički definirano, odnosno iskazana u zapisu matematičke jednadžbe koju je moguće ugraditi u bilo koji algoritam, pa tako i u OTP algoritam.
Ovim istraživanjem je ispunjena jedna od temeljnih pretpostavki automatizacije projektiranja tehnoloških procesa, a to je potvrda mogućnosti procjene elemenata troškova bez planiranja tehnološkog procesa, samo na temelju značajki izratka.

KLJUČNE RIJEČI

T-01	Tablica ključnih riječi	01-01
KLJUČNE RIJEČI		
Redni broj	***Hrvatski***	
1	osnovni tehnološki proces (OTP)	
2	projektiranje tehnoloških procesa (PTP)	
3	specijalni alati i naprave	
4	vrijeme izrade	
5	značajke izratka	
6	utrošak, trošak i cijena koštanja	
7	statističke metode	
8	faktorska analiza i planiranje pokusa	
10	regresijska analiza	
10	algoritam za procjenu troškova izrade	

POPIS JEDNADŽBI

T-02	Tablica popisa jednadžbi			01-01
POPIS JEDNADŽBI				
Redni broj	Oznaka	***Jednadžba***	***Naziv jednadžbe***	***Izvor***
1	J-01	$T = T_M + T_U + T_R$	trošak u OTP-u	J-01-012
2	J-02	$T_M = U_M \times C_M$	trošak materijala	J-02-012
3	J-03	$T_U = U_U \times C_U$	trošak usluge	J-03-012
4	J-04	$T_R = U_R \times C_R$	trošak rada	J-04-012
5	J-05	$k_{PK} = \frac{T_{PT}}{T_{KT}} \times 100 \ (\%)$	koeficijent odstupanja za konkretnu tvornicu	J-05-017
6	J-06	$\check{Y} = 86{,}72 - 0{,}00092 \times X1 + 50{,}00402 \times X2 + 0{,}003974 \times X3 + 1{,}006231 \times X4 + 45{,}61688 \times X5 - 8{,}92558 \times X6$	regresijska jednadžba za procjenu vremena izrade alata za štancanje	J-06-028

POPIS SLIKA

T-03	Tablica popisa slika	01-01

POPIS SLIKA

Redni broj	***Oznaka***	***Naziv slike***	***Izvor***
1	S-01	Obrazac OTP list	S-01-010
2	S-02	Obrazac za prikupljanje podataka potrebnih za istraživanje	S-02-019
3	S-03	MS EXCEL –PODACI – ANALIZA PODATAKA	S-03-021
4	S-04	Grafički prikaz odstupanja stvarnih i procijenjenih vrijednosti vremena izrade	S-04-025
5	S-05	Grafički prikaz rezultata po pojedinim nezavisnim varijablama	S-05-027

POPIS TABLICA

T-04	Tablica popisa tablica		01-01
POPIS TABLICA			
Redni broj	Oznaka	***Naziv tablice***	Listova	Izvor
1	T-01	Ključne riječi ovog rada	1	T-01-IV
2	T-02	Popis jednadžbi u ovom radu	1	T-02-V
3	T-03	Popis slika u ovom radu	1	T-03-VI
4	T-04	Popis tablica	1	T-04-VII
5	T-05	Ciljevi, kriteriji i mjerila	1	T-05-16
6	T-06	Prikupljeni podaci uzroka za istraživanje	1	T-06-20
7	T-07	Podaci u tabeli MS Excel	1	T-07-21
8	T-08	Korelacija nezavisnih varijabli	1	T-08-22
9	T-09	Korelacija nezavisnih varijabli (bez X7)	1	T-09-22
10	T-10	Korelacija nezavisnih varijabli (varijable X1 do X4)	1	T-10-22
11	T-11	Chadockova ljestvica	1	T-11-23
12	T-12	Usporedbena tabela rezultata različitih regresijskih modela	1	T-12-24
13	T-13	Polazni podaci sa i rezultati regresijske analize	1	T-13-25
14	T-14	Numerički podaci regresijske analize	1	T-14-26
15	T-15	Literatura	1	T-15-030
16	T-16	Prilozi	1	T-16-031

UVOD

Optimizacija projektiranja tehnoloških procesa moguća je na svim njegovom razinama, a ideal je automatizirano projektiranje tehnoloških procesa, bez potrebe za ljudskim radom (tehnologom) u samom procesu projektiranja.
Iako su na razini jedne tehnološke operacije, razvojem CAM aplikacija postignuti rezultati koji gotovo da graniče sa potpunom automatizacijom, na razini cjelovitog tehnološkog procesa postojeće stanje je još daleko od željenog.
Posebno se to odnosi na odabir primarnog procesa, za koji postoje samo općeniti naputci, uglavnom uvjetovani većim brojem nepoznanica za koje se očekuje da ih definira tehnolog.
Izbor polaznog materijala proizlazi iz primarnog procesa, ali u praksi se ni on ne određuje automatizirano. Čak i ako se zanemari problem „dostupnosti“ materijala, i dalje je to zadaća tehnologa. [1]

Da bi se problem raznolikosti mogao riješiti autor ovog rada je osmislio novo i originalno rješenje problema pod nazivom osnovni tehnološki proces (OTP).
OTP je model odlučivanja u projektiranju tehnoloških procesa kojeg je moguće u potpunosti automatizirati, budući se temelji na brzim, jednostavnim i relativno pouzdanim obrascima odlučivanja. [2]

Jedan od temeljnih ciljeva OTP-a je određivanje cijene koštanja budućeg izratka, odnosno kvantificiranje troškova pojedinih elemenata OTP.
Cijena koštanja sastoji se iz više elemenata troškova, od kojih je većina produkt utroška određenog resursa i njegove jedinične cijene.
Sa stajališta kompleksnosti utvrđivanja iznosa nekog troška, kao najkompleksniji ističe se trošak specijalnih alata, koji je dio cijene koštanja proizvoda, ali koji je u pravilu strukturno složeniji od samog proizvoda za koji je namijenjen.
Pretpostavka je da, ukoliko postoji model procjene troška specijalnog alata, gotovo sigurno postoje i modeli za procjenu bilo kojeg drugog troška kao dijela cijene koštanja.
Na temelju ove pretpostavke za potvrdu mogućnosti procjene troškova u OTP-u, odabrano je upravo istraživanje mogućnosti procjene cijene koštanja specijalnog alata na temelju značajki njegova izratka.

Planirano je da rezultati ovog istraživanja, u ovom trenutku objedinjeni u seminarski rad, budu sastavni dio možebitnog autorovog doktorskog rada.
Prvobitna zamisao je da cijeli ovaj rad bude jedno poglavlje u disertaciji, a moguće je da će kao cjelina postati prilog disertaciji.
U tom slučaju bi se u poglavlju vezanom uz definiranje troškova u OTP-u izdvojili samo osnovni rezultati modela i utvrđena jednadžbe, uz kraći opis istraživanja.
Iako ovaj rad može biti samostalan i kao takav prezentiran na stručnoj konferenciji, ili objavljen kao članak u nekom od stručnih časopisa, kao seminarski rad pisan je na način koji podrazumijeva da je dio jedne veće cjeline.
Iz tog razloga se i u samom tekstu ovog rada ne opisuju detaljno vezani elementi OTP-a, nego se na njih samo ukazuje na način da su već ranije opisani.

Obzirom na troškove u OTP-u, ovim radom je pokazana mogućnost kvantificiranja troška specijalnih alata, a prikazani princip rješenja se može primijeniti i na druge elemente troška u sklopu budućeg cjelovitog algoritma OTP-a.

1. OTP LIST

Tijekom projektiranja tehnološkog procesa u različitim njegovim koracima definiraju se različite značajke vezane uz proces proizvodnje - ostvarenja (izrade) proizvoda.
Obzirom na svrhovitost, značajke nastale projektiranjem tehnološkog procesa mogu se podijeliti u dvije osnovne skupine, i to:

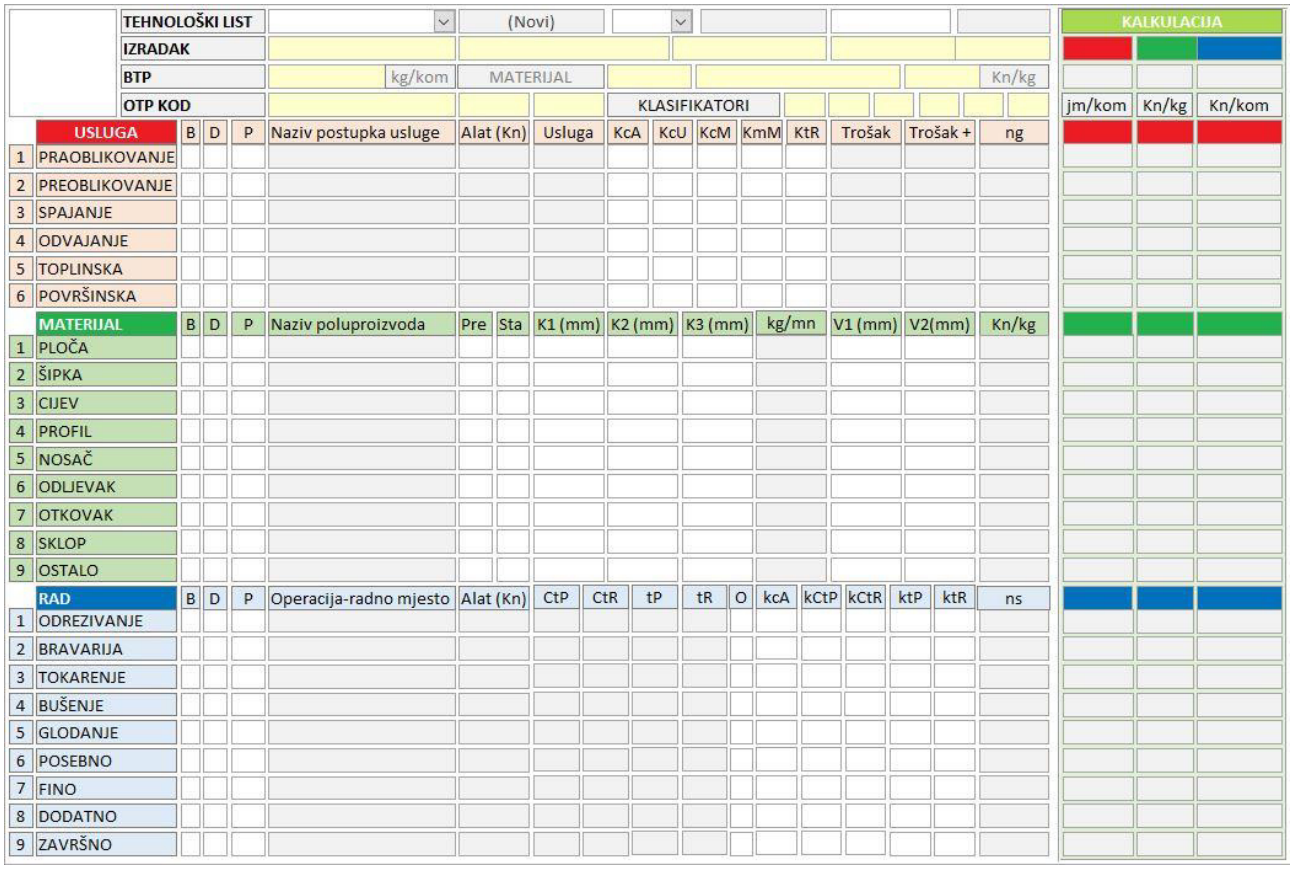
- TEHNOLOŠKI PARAMETRI
  - PODACI POTREBNI ZA IZRAVNU PRIMJENU U PROIZVODNOM PROCESU
    - *polazni materijal* *(u OTP-u uglavnom izbor standardnih poluproizvoda – repromaterijala")*
    - *redoslijed operacija* *(potrebni tehnološki postupci, njihov broj i redoslijed)*
    - *režimi rada* *(vrlo rijetko u OTP-u)*
    - *vremena izrade* *(uglavnom komadno vrijeme potrebno za planiranje proizvodnje)*
    - *cijena koštanja* *(zbirni podaci tehnološkog postupka potrebni za kalkulaciju)*
- POMOĆNE VARIJABLE
  - PODACI POTREBNI ZA MEĐUFAZNE IZRAČUNE TIJEKOM PROJEKTIRANJA
    - *nezavisne varijable* *(ulazni podaci definirani izratkom)*
    - *pomoćne varijable* *(koriste se za izračun drugih pomoćnih varijabli, ili tehnoloških parametara)*
    - *poluzavisne varijable* *(značajke koje ovise i o prethodno izračunatim varijablama)*
    - *proizvodne količine*

Tehnološki parametri su rezultat projektiranja tehnološkog procesa i kao takvi dostatni za primjenu u proizvodnji, ali je za provjeru rezultata dobro imati na uvid i neke od pomoćnih varijabli na kojima se temelje rezultati.
Posebno je to značajno za OTP-a kod kojeg se cijeli proces projektiranja odvija automatizirano, pa tehnolog pri ocjeni prihvatljivosti rezultata ne može koristiti bilješke, ili sjećanje vezano uz postupak projektiranja, odnosno nema podataka o pomoćnim varijablama na temelju kojih su rezultati izračunati.

Uzimajući u obzir upravo tu činjenicu, potrebno je omogućiti osobi koja analizira rezultat OTP-a uvid u pomoćne varijable.
Budući je OTP algoritam koji počiva na podacima u bazi podataka, uvjet uvida u podatke lako je ostvarljiv različitim izvještajima iz baze podataka. Pri tome je značajnije voditi računa o tome da se ne prikazuje previše podataka, budući da problem nemogućnosti prezentacije određenog željenog podatka praktički ne postoji.

Vrlo lako se upadne u zamku predimenzioniranih izvješća sa puno nepotrebnih dokumenata koji iziskuju puno više vremena tehnologu u analizi rezultata OTP-a.
Ukoliko se još propišu postupci po kojima tehnolog svaki od tih dokumenata posebno mora ovjeriti, lako je moguće da bi se ušteda vremena rada tehnologa, koja je dobivena OTP-om, mogla izgubiti u naknadnoj analizi dokumentacije.

Pretpostavka je da će, zavisno o vrsti proizvoda i osobnom znanju tehnologa ili osobe koja analizira rezultate OTP-a, biti poželjno definirati točno određene dokumente.
Ipak, ovim radom definiran je sadržaj i izgled osnovnog dokumenta vezanog uz rezultate OTP-a, za koji se smatra da je općenito prihvatljiv i dostatan za primjenu.
Ovaj dokument je nazvan OTP LIST, a prikazan je na slici S-01.



Slika S-01: ***Obrazac OTP list***

Na slici je prikazan OTP list, kako izgleda na ekranu – „form“ u OTP softveru. Pretpostavka je da će biti praktičnije analizirati OTP rezultate izravno u aplikaciji, nego „pregledavati“ podatke otisnute na papiru.
Pri tome nije zanemariva ni činjenica da je „klikom“ na određeno polje na obrascu moguće izravno dobiti uvid o detaljnijim podacima vezanim uz to polje. Npr. „klikom“ na polje sa brojem crteža „otvara“ se crtež u PDF formatu.

OTP LIST sadrži 4 osnovne skupina podataka, koje se odnose na:

- IZRADAK (PODACI O IZRATKU: CRTEŽ, KVALITETA MATERIJALA, KOLIČINE, OTP KOD)
- USLUGE (PODACI O PRIMARNOM PROCESU: VRSTE OBRADE)
- MATERIJAL (PODACI O POLAZNOM MATERIJALU: POLUPROIZVODI)
- RAD (UGLAVNOM ODVAJANJE; TEHNOLOŠKI POSTUPCI; OPERACIJE; RADNA MJESTA)

Dodatno su na istom dokumentu predviđeni i podaci o ***trošku izrade***, odnosno cijeni koštanja. Ovi podaci nalaze se u desnom dijelu dokumenta – uokvireno područje sa zelenom podlogom.
U slučaju kada bi ovi podaci bili prikazivani na posebnom dokumentu, dopunjeni sa parametrima za izračun PRODAJNE CIJENE na temelju ***cijene koštanja*** uobičajeno bi se takav dokument nazivao „KALKULACIJA“.

U praksi je uobičajeno da postoje dva dokumenta, tehnološki list i njemu pripadajuća kalkulacija, a ovdje se oba dokumenta objedinjuju u zajednički dokument „OTP LIST“.

2. TROŠKOVI U OTP-U

Općenito se trošak može prikazati kao umnožak utroška određenog resursa i pripadajuće mu jedinične cijene:

$$T = \sum_{i=1}^{n} U_i \times C_{Ui}$$

Na cijenu koštanja izratka, u OTP-u, utječu tri osnovne skupine troškova, i to:

- TROŠAK MATERIJALA
  - POLAZNI MATERIJAL
    - *kvaliteta materijala*
    - *oblik materijala (standardni poluproizvod, ili dio po crtežu)*
    - *potrebne izmjere materijala po jedinici izratka (npr. promjer i duljina okrugle šipke)*
    - *karakteristična jedinica mjere materijala (npr. kg/m)*
    - *cijena materijala po karakterističnoj jedinici mjere (npr. Kn/kg)*
    - *…*
- TROŠAK USLUGE
  - PRIMARNI PROCES
    - *osnovne vrste obrade*
    - *učestali tehnološki postupci pojedinih vrsta obrade*
    - *specijalni alati i naprave*
    - *…*
- TROŠAK RADA
  - REDOSLIJED OPERACIJA
    - *radna operacija*
    - *tehnološki postupak*
    - *radna operacija*
    - *vrijeme izrade*
    - *…*

Polazni materijal može biti ili standardni poluproizvod unaprijed definiranog oblika, ili dio čiji je oblik definiran na temelju posebnog crteža.
U slučaju kada polazni materijal nije standardni poluproizvod, polazni materijal se izrađuje posebno, u ograničenoj (potrebnoj) količini koja je dostatna za proizvodnju ukupne količine izradaka.
Nestandardni poluproizvodi kao polazni materijal uglavnom su odljevci, otkovci ili zavareni sklopovi, a vrste obrade kojima se oni proizvode uobičajeno se nazivaju primarni proces.
Od 6 strojarskih vrsta obrade [3], u OTP-u se kao primarni proces moguće:

- PRAOBLIKOVANJE
- PREOBLIKOVANJE
- SPAJANJE

} (POLAZNI MATERIJAL JE NE STANDARDNI POLUPROIZVOD)

- ODVAJANJE → (POLAZNI MATERIJAL JE STANDARDNI POLUPROIZVOD).

U slučaju potrebe za preostalim vrstama obrade (toplinska obrada i površinska zaštita), one se ubrajaju u dodatne ili naknadne usluge, ili pojednostavljeno usluge.

U slučaju potrebe za primarnim procesom, trošak materijala je obično iskazan u trošku „usluge“, ili je trošak „usluge“ iskazan u trošku materijala, odnosno se trošak usluge i materijala objedinjuju u jedan trošak.

U OTP-u se trošak može izraziti i kao:

$$T = T_M + T_U + T_R \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad [J\text{-}01]$$

gdje je:

$T_M \rightarrow$ trošak materijala $\rightarrow \quad T_M = U_M \times C_M \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad [J\text{-}02]$

$T_U \rightarrow$ trošak usluge $\rightarrow \quad T_U = U_U \times C_U \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad [J\text{-}03]$

$T_R \rightarrow$ trošak rada $\rightarrow \quad T_R = U_R \times C_R \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad [J\text{-}04]$

Obzirom da se u OTP-u usluge promatraju kao dio tehnološkog procesa koji se izvršava kod „kooperanta“, odnosno kod specijalizirane tvrtke za određenu vrstu obrade, za usluge nema potrebe za detaljnom razradom utroška. Podrazumijeva se da je trošak usluge ugovorena cijena sa dobavljačem.

Uobičajeno se u OTP-u procjenjuju utrošci vezani uz trošak rada i materijala, a za uslugu se procjenjuje izravno trošak.
Pojedine vrste troška mogu se iskazati kao:

$T_M = \boldsymbol{m_M} \times C_M$ (utrošak materijala iskazan kao masa materijala)

$T_U = \frac{T_A}{n_U} + T_{R_U} + T_{M_U}$ (bez detaljne razrade utroška)

$T_R = \frac{T_A}{n_U} + \boldsymbol{t_P} \times C_{t_P} + \boldsymbol{t_R} \times C_{t_R}$ (utrošak vremena pripreme i utrošak vremena rada)

Međutim, bilo da se trošak procjenjuje na temelju troškova, ili na temelju utrošaka, u pravilu se strukturno trošak uvijek sastoji od više elemenata, pa tako i trošak usluge.
Kao što je već navedeno, ukoliko je usluga ujedno i primarni proces, u njoj je sadržan i trošak materijala, pa preostaje kvantificirati samo utrošak vezan uz rad.
Ovo se navodi samo kao upozorenje na mogući poseban slučaj.

Na OTP LISTU (*Slika S-01:*), u njegovu središnjem dijelu prikazana je struktura pojedinih vrsta troškova, iz koje su vidljivi elementi koje je potrebno poznavati da bi se mogao izračunati trošak.

- ELEMENTI TROŠKA
  - USLUGA
    - *trošak specijalnih alata i naprava*
    - *trošak usluge*
    - *koeficijenti*
  - MATERIJAL
    - *karakteristične izmjere*
    - *varijabilne izmjere*
    - *jedinična masa*
    - *cijena po jedinici mase*
    - $T_M = m_M \times C_M$
  - REDOSLIJED OPERACIJA
    - *trošak alata i naprava (ne uključuje standardne – rezne alate)*
    - *priprema*
    - *rad*
    - *cijene*
    - *broj operacija*
    - *koeficijenti*

Da bi se automatizirano mogao procijeniti trošak izrade, potrebno je moći automatizirano kvantificirati elemente troškova.
Osnovna pretpostavka vezana uz kvantificiranje elemenata troškova u OTP-u je da postoje dvije osnovne skupine podataka koji utječu na cijenu koštanja, i to:

- PODACI VEZANI UZ OTP TEHNOLOŠKI POTENCIJAL
  - NEPROMJENLJIVI PODACI
    - *cijena specijalnih alata i naprava*
    - *cijena rada usluge po jedinici mjere (npr. Kn/kg)*
    - *koeficijent potrebne mase materijala u odnosu na masu izratka*
    - *koeficijent cijene materijala primarnog procesa*
    - *koeficijent troška rada odvajanja sa primarnim procesom i bez primarnog procesa*
    - *vrijeme pripreme*
    - *vrijeme rada*
    - *cijena pripreme*
    - *cijena rada*
- PODACI VEZANI UZ ZNAČAJKE OTP IZRATKA
  - PROMJENLJIVI PODACI
    - *koeficijent cijene alata*
    - *koeficijent cijene usluge*
    - *vrsta prerade poluproizvoda (npr.: valjano, vučeno,...)*
    - *stanje poluproizvoda (npr.: poboljšano, žareno,...)*
    - *karakteristične i varijabilne izmjere polaznog materijala*
    - *broj operacija*
    - *koeficijent vremena pripreme*
    - *koeficijent vremena rada*
    - *koeficijent cijene pripreme*
    - *koeficijent cijene rada*

Kvantificiranje elemenata utroška i troškova u OTP-u se temelji na zamisli o mogućnosti povezivanja nepromjenljivih podataka sa promjenljivima, koje rezultira novim zajedničkim podatkom koji uključuje utjecaj tehnološkog potencijala i izratka.
Pojednostavljeno, preddefinirani elementi troška za svaku odabranu vrstu obrade, tehnološkog postupka, ili radnog mjesta, mijenjaju se obzirom ovisno o značajkama OTP izratka:

$$T_i = f(T_{TP_i}, btp_i) \quad \rightarrow \quad T_i = T_{TP_i} \times k_{TP_i}$$

Procjena troška izrade vrši se izračunom na temelju ovih novih podataka, sukladno ranije definiranim jednadžbama.
Dakle, za procjenu troškova u OTP-u, potrebna je baza podataka koja sadrži preddefinirane vrijednosti uz predviđene vrste obrade, njihove tehnološke postupke i radna mjesta, te podatke o tehnološkim značajkama izratka.

U svojim dosadašnjim istraživanjima, autor je dokazao da je takva baza podataka moguća.
U svom magistarkom radu, autor je dokazao, a kasnijim istraživanjima i potvrdio, mogućnost procjene utroška vremena za pojedine tehnološke postupke, i to na uzorku koji se zasnivao na 2D crtežima. [4]
Obzirom na broj i strukturu podataka koje je moguće dobiti iz 3D modela, opravdano je zaključiti da će rezultati procjene utroška vremena biti još i bolji.

Određivanje konstantnih vrijednosti tehnološkog potencijala moguće je na više načina, od kojih je najjednostavniji preuzimanje rezultata istraživanja drugih autora. [5]
Prije konačnog „preuzimanja“ rezultata tuđih istraživanja potrebno je analizirati istraživanje, posebno tehnološki sustav (materijal, stroj, alat) koji je istraživan, te utvrditi eventualna ograničenja u primjeni rezultata. [6]
Moguće je provesti i vlastita istraživanja u cilju potvrde rezultata drugih autora, ili određivanje potrebnih, a nedostajućih podataka.
Sinteza rezultata rezultirala bi cjelinom koja se može promatrati kao virtualna tvornica, odnosno OTP tvornica.

Određivanje promjenljivih vrijednosti vezanih uz značajke izratka, može se provesti na temelju dostupnih podataka iz digitalnog zapisa njegova 3D modela. Set tehnološki značajnih podataka izratka mogao bi se izdvojiti u posebnu datoteku (.btp), koja bi se vezala uz tabelu izradaka u OTP bazi podataka.
Aplikacija za izdvajanje tehnoloških značajki izratka iz njegova 3D modela dio je autorovog istraživanja vezanog uz doktorski rad.
Daljnjim istraživanjem mogao bi se definirati utjecaj izratka na utrošak tehnoloških resursa, odnosno bi se kvantificirali koeficijenti pojedinih elemenata troška.

Posebno je poželjno istraživanje podataka za stvarne, točno određene postojeće tvornice u cilju prilagodbe algoritma konkretnim proizvodnim uvjetima u praksi.

Budući da su u OTP-u predviđene 3 vrste obrada, kao primarni proces, te za svaku od njih po 7 različitih tehnoloških postupaka, pri čemu je za svaki postupak potrebno definirati 2 fiksna podatka i 5 koeficijenata vezanih uz značajke izratka, samo za troškove usluge potrebno je više od 150 istraživanja.
Za predviđenih 9 vrsta radnih postupaka, svaka od 7 tehnoloških operacija ima 5 fiksnih i 6 varijabilnih podataka, ukupno je potrebno više od 300 istraživanja.

Iako svi podaci ne iziskuju jednako zahtjevna istraživanja, ukoliko se u obzir uzme činjenica da na svaki podatak utječe više čimbenika, ipak je za očekivati je da će za cjelovito rješenje biti potrebno obimno istraživanje.
U cilju optimizacije istraživanja potrebno je odabrati odgovarajuće istraživačke metode, a dostupne su brojne statističke metode, koje su dobro poznate i detaljno opisane u literaturi. [7], [8], [9], [10]
Matematički algoritmi ovih metoda dostupni su u gotovo svim matematičkim – statističkim računalnim softverima. [11], [12]

Trošak specijalnih alata i naprava značajan je jednokratni trošak u OTP-u, te je u slučajevima manjih serija od presudnog utjecaja na komadnu cijenu koštanja. Ujedno su specijalni alati vrlo raznoliki, pa se može zaključiti da je procjena cijene specijalnih alata najzahtjevnija aktivnost u oblikovanju OTP tvornice.
Ukoliko se može napraviti model procjene specijalnih alata, kao jedan od elemenata troška, izvjesno je da se mogu napraviti i modeli procjene ostalih elemenata troškova u OTP-u.
Iz tog razloga autor je proveo istraživanje mogućnosti određivanja cijene koštanja specijalnog alata na osnovu parametara njegova izratka, koje je u nastavku ovog rada detaljno opisano.

3. PROCJENA CIJENE KOŠTANJA SPECIJALNOG ALATA

U današnje vrijeme, kada proizvodnja materijalnih dobara nužno koristi za gotovo svaki proizvod specijalne alate ili naprave, sa sigurnošću se može govoriti o specijalnim alatima kao o jednom vrlo važnom području strojarske proizvodnje.

Specijalni alati služe, ili za izradu proizvoda kao cjeline ako je on jednostavniji a potreban u velikim količinama, ili za izradu pojedinih elemenata (pozicija) složenog proizvoda. Naravno, specijalni alati su također proizvedena materijalna dobra kao i svi drugi proizvodi. No, karakteristično je za specijalne alate da oni za razliku od „tržišnih“ proizvoda nisu proizvedeni da se zadovolje potrebe tržišta, već da bi se pomoću njih proizveli drugi proizvodi koji će direktno zadovoljiti potrebe tržišta.

Jasno je s toga da cijena specijalnog alata mora biti sadržana u cijeni svog izratka, u visini koja je određena brojem izradaka proizvedenih u njemu. Iz ovog proizlazi da je cijena proizvoda ovisna jednim dijelom i o cijeni alata u kojem se proizvod izrađuje.

Budući da je obično potrebno znati cijenu koštanja proizvoda, bilo zbog uvjeta tržišta, konkurencije i slično, prije no što se proizvod uopće proizvede, potrebno je, dakle, znati i cijenu alata (približnu) potrebnog za izradu proizvoda, prije nego se alat uopće proizvede.

S druge strane, alati se konstruiraju na temelju izradaka koji će se u njima izrađivati, i to bilo na osnovu uzorka ili na osnovu tehničke dokumentacije (crteža), a i samo konstruiranje alata stvara određene troškove koji ulaze u cijenu alata.
Za određivanje pa i samo približne cijene koštanja specijalnog alata potrebno je vrlo detaljno razraditi konstrukciju budućeg specijalnog alata, iz koje proizlaze informacije o potrebnom utrošku materijala i vremenu rada za njegovu izradu, a koje su potrebne za određivanje cijene koštanja.

No, u praksi vrlo se često događa da se nakon provedbe ovih aktivnosti i određivanja cijene specijalnog alata mora zaključiti da se takav alat neće ni raditi, a time sve provedene aktivnosti u konstrukciji i tehnološkoj pripremi postaju ne naplativ trošak.
Budući da informacije o izratku posjedujemo i prije informacija o specijalnom alatu, te za njih ne moramo obavljati velike aktivnosti, postavlja se pitanje:

MOŽE LI SE ODREDITI CIJENA KOŠTANJA SPECIJALNOG ALATA NA OSNOVU PARAMETARA NJEGOVA IZRATKA?

3.1 DEFINIRANJE PROBLEMA

Definiranje ciljeva i odabir pripadajućih kriterija mjerila

Temeljni cilj je dokazivanje mogućnosti automatizirane procjene cijene koštanja specijalnog alata. Ovaj cilj je ispunjen ukoliko je cijenu koštanja specijalnog alata moguće izraziti jednadžbom čiji elementi su parametri izratka.

U slučaju ostvarenja temeljnog cilja istraživanja rješenje će rezultirati i praktičnim ciljevima vezanim uz poslovne procese u tvrtci.

T-05 Tabela praktičnih ciljeva koji se ostvaruju uspješnim rezultatom ovog istraživanja 01-01

CILJEVI – KRITERIJI - MJERILA

Red. broj	VRSTA CILJA		OPIS CILJA	KRITERIJ	MJERILO
1	G1	glavni	Smanjenje troškova	$K_{G1} = \frac{nP_K}{nP_U} \times 100$ *gdje je:* nP_K – broj ponuda bez pomoći tehnologa nP_U – ukupni broj ponuda	%
2	S1	sporedni	Skraćenje roka izdavanja ponuda	$K_{S1} = D_P - D_U$ *gdje je:* D_P – datum predaje ponude D_U – datum dobivanja upita	dana
3	P1	posredni	Pojednostavljenje rada u pripremi	$K_{P1} = \frac{nA_R}{nA_U} \times 100$ *gdje je:* nA_R – broj automatiziranih aktivnosti nA_U – ukupan broj aktivnosti	%

Tabela T-05: ***Ciljevi, kriteriji i mjerila***

Svi ciljevi navedeni u tabeli T-05 podrazumijevaju rješenja koja rezultiraju približno jednakom kvalitetom ponuda u usporedbi sa ponudama koje se rade postojećim načinom koji uključuje rad tehnologa.

Ograničenja

- PROSTORNO: DOSTUPNOST PODATAKA
  - *zbog potrebe za većim brojem uzoraka teško bi ih bilo sve teorijski razraditi.*
  - *zbog toga se uzima uzorak koji obuhvaća već izrađene alate iz jedne stvarne tvrtke (alatnice)*
- VREMENSKI: VALJANOST PODATAKA
  - *tehnološki postupak izrade specijalnih alata prilagođen je tada instaliranim strojevima u odabranoj tvornici*
  - *podaci vrijede za točno određeni tehnološki potencijal*
- UNIVERZALNOST PODATAKA
  - *oba ograničenja ukazuju na ne univerzalan uzorak*
  - *zbog prostornog ograničenja vrijedi samo za tvornice sa sličnim organizacijskim sustavom*
  - *zbog vremenskog ograničenja vrijede samo za tvornice sa sličnim tehnološkim potencijalom (štoviše, ne vrijede čak ni za odabranu tvornicu, ukoliko je ona u međuvremenu nabavila nove strojeve)*

3.2 ANALIZA DOSTUPNIH ČINJENICA

Zbog navedenih ograničenja u prethodnom poglavlju potrebno bi bilo za svaku konkretnu tvornicu odrediti koeficijent odstupanja utroška u odnosu na promatrani uzorak, odnosno koeficijent odstupanja u odnosu na promatranu tvornicu:

$$k_{PK} = \frac{T_{PT}}{T_{KT}} \times 100 \ (\%) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad [J\text{-}05]$$

gdje je:

- K_{PK} KOEFICIJENT ODSTUPANJA TROŠKA SPECIJALNOG ALATA
  - *predstavlja odstupanje cijene koštanja specijalnog alata konkretne tvornice u usporedbi sa cijenom koštanja specijalnog alata promatrane tvornice u istraživanja*
- T_{PT} TROŠAK SPECIJALNOG ALATA PROMATRANE TVORNICE
  - *predstavlja trošak specijalnog alata koji se temelji na podacima iz uzorka koji je istraživan*
- T_{KT} TROŠAK SPECIJALNOG ALATA KONKRETNE TVORNICE
  - *predstavlja trošak specijalnog alata za neku drugu, konkretnu tvornicu*

Trošak specijalnog alata je zbroj troškova planiranih elemenata troška, odnosno produkata utrošaka i njihovih jediničnih cijena.

Koeficijent odstupanja se može utvrditi na nekoliko načina:

- USPOREDBOM SLIČNIH SPECIJALNIH ALATA
  - *uspoređuju se podaci troška (elemenata troška) za specijalne alate koji su rađeni u promatranoj tvornici sa podacima za slične specijalne alate koji su rađeni u konkretnoj tvornici za koju se želi utvrditi koeficijent odstupanja*
- T_{PT} PRIMJENOM JEDNADŽBE ZA PROCJENU TROŠKA SPECIJALNOG ALATA
  - *unošenjem stvarnih podataka za alate koji su izrađeni u konkretnoj tvornici u jednadžbu nastalu istraživanjem u promatranoj tvornici i usporedba rezultata (troška) po jednadžbi sa stvarnim troškom u konkretnoj tvornici.*

Uzorak koji je korišten u ovom istraživanju su, autoru dostupni tehnološki podaci o izrađenim alatima u alatnici u periodu od 1986 do 1988 godine.
Podaci koji će se koristiti su predviđeni podaci, dakle teorijski – planirani, a ne podaci o stvarnom utrošku elemenata u procesu proizvodnje.
Kako je podatke planirala skupina inženjera tvornice pretpostavka je da se oni podudaraju sa planiranim podacima sličnih tvornica.
Budući se ne koriste stvarni utrošci, stvarno potrošeno vrijeme izrade, ovim načinom se izbjegava utjecaj koeficijenata organizacijskih gubitaka, koji se od tvornice do tvornice mogu značajno razlikovati.

Ukoliko ovo istraživanje rezultira jednadžbom za procjenu vremena izrade specijalnih alata na temelju značajki njegova izratka, moguće je po istom algoritmu izvršiti istraživanje i za svaku drugu konkretnu tvrtku, pri čemu nema potrebe za utvrđivanjem koeficijenta odstupanja, odnosno je on jednako 1.

Može se zaključiti da dostupni podaci mogu biti nedostatni za izravnu primjenu rezultata istraživanja u konkretnim tvrtkama u praksi, ali da su dostatni za proces definiranja algoritma kojim se može definirani problem riješiti.

3.3 DEFINIRANJE UTJECAJNIH FAKTORA

Utjecajni faktori definiraju se na temelju pretpostavljenih utjecajnih značajki izratka na temeljem znanja istraživača ili istraživačkog tima o problemu koji se rješava.
U nastavku su opisani čimbenici koji bi mogli utjecati na trošak specijalnog alata, a koje je pretpostavio autor istraživanja na temelju svog osobnog znanja.

Prvi i najznačajniji utjecajni faktor je svakako VRSTA SPECIJALNOG ALATA, a razlikuje se prema tehnologiji kojom će biti korišten, npr:

- ALATI ZA HLADNI RAD
  - *alati za štance (probijanje, savijanje,…)*
  - *alati za preše (duboko vučenje, savijanje,…)*
  - *razne naprave i pomoćni alati*
  - *…*
- ALATI ZA TOPLI RAD
  - *alati za lijevanje (modeli, kokile, alati za tlačni lijev,…)*
  - *alati za deformiranje (kovanje, ukovnji,…)*
  - *…*
- ALATI ZA PRERADU POLIMERA
  - *alati za injekcijsko brizganje*
  - *alati za puhanje*
  - *…*

Vrsta alata je vrlo raznolik faktor, pa bi bilo potrebno za svaku skupinu alata napraviti posebno istraživanje.
U ovom radu obradit će se samo skupina alata za štance, dok se ostale skupine alata ostavljaju za neka buduća istraživanja.
Ovo je iz razloga što je cilj istraživanja prije svega zaključiti da li je moguće odrediti podatke o specijalnom alatu u odnosu na karakteristike njegova izratka.
Ako je to moguće, tada će biti potrebno detaljnije istražiti cijeli niz vrsta specijalnih alata i naprava, pa i još jednom iznova alate za štance, sve sa daleko većim uzorkom.

Za ovo istraživanje autor je predvidio slijedeće značajke izratka kao utjecajne faktore:

- **X – UTJECAJNI FAKTORI**
  - NEZAVISNE VARIJABLE (ZNAČAJKE IZRATKA)
    - *X1 - Površina obratka* *(mm^2)*
    - *X2 - Debljina obratka* *(mm)*
    - *X3 - Površina otpadka* *(mm^2)*
    - *X4 - Broj potrebnih kota na crtežu izratka*
    - *X5 - Broj toleriranih kota na crtežu izratka*
    - *X6 - Broj otpadaka u taktu*
    - *X7 - Broj istih otpadaka*
  - ZAVISNE VARIJABLE (TEHNOLOŠKI PODACI)
    - *Y1 - Potrebno vrijeme izrade specijalnog alata* *(sati)*
    - *Y2 - Potreban bruto materijal* *(kg i komadi)*
    - *Y3 - Potrebno vrijeme izrade dokumentacije* *(sati)*

Uočava se odmah da su zavisne varijable složene, te da bi se mogle u cilju dobivanja što kvalitetnijih podataka podijeliti u podskupine kao npr.:
Y1.1 Tokarenje; Y1.2 Glodanje,…
Y2.1 Legirani čelik; Ne legirani čelik;…

3.4 UZORAK ISTRAŽIVANJA

Uzorak na kojem će se vršiti obrada podataka proveden je u promatranoj tvornici. Podaci su prikupljani na posebnom obrascu formata A3, kao u prikazu:

NACRT IZRATKA	ALAT ZA		
	KARAKTERISTIKE IZRATKA		
	X1 - POVRŠINA OBRADKA		
	X2 - DEBLJINA OBRADKA		
	X3 - POVRŠINA OTPADKA		
	X4 - BROJ KOTA NA NACRTU		
	X5 -BROJ TOLERIRANIH KOTA		
	X6 -BROJJ OTPADAKA U TAKTU		
	X7 -BROJ ISTIH OTPADAKA		
	NAPOMENE		
	KARAKTERISTIKE ALATA		
	VRST KARAKTERISTIKE	PLANIRANO	IZVRŠENO
	Y1 - VRIJEME IZRADE DOKUMENTACIJE (BROJ SATI)		
	Y11 - IZRADA KONSTRUKCIJE DOKUMENTACIJE		
	Y12 - IZRADA TEHNOLOŠKE DOKUMENTACIJE		
	Y2 - MATERIJAL (BROJ KILOGRAMA)		
	Y21 - LEGIRANI (KVALITETNI) ČELIK		
	Y22 - NE LEGIRANI (OBIČAN) ČELIK		
	Y23 - STANDARDNI DIJELOVI		
	Y3 - VRIJEME IZRADE ALATA (BROJ SATI)		
	Y31 - TOKARENJE GRUBO		
	Y32 - TOKARENJE ALATNO		
	Y33 - GLODANJE GRUBO		
	Y34 - GLODANJE ALATNO		
	Y35 - KORDINATNO BUŠENJE		
	Y36 - BRUŠENJE PLANSKO		
	Y37 - BRUŠENJE KRUŽNO VANJSKO		
	Y38 - BRUŠENJE KRUŽNO UNUTARNJE		
	Y39 - BRUŠENJE PROFILNO		
	Y310 - TOPLINSKA OBRADA		
	Y311 - ELEKTRO-EROZIONA OBRADA		
	Y312 - RUČNO-ALATNIČARSKI POSLOVI I KLASE		
	Y313 - RUČNO-ALATNIČARSKI POSLOVI II KLASE		
	Y314 - OSTALI POSLOVI		
	NAPOMENE		
	RADIO	KONTROLIRAO	DATUM / LIST BROJ

*Slika S-02: **Obrazac za prikupljanje podataka potrebnih za istraživanje***

Obzirom na cilj istraživanja kao zavisna varijabla odabire se samo Y1, jer je upravo vrijeme izrade najznačajnije utječe na cijenu koštanja specijalnih alata.

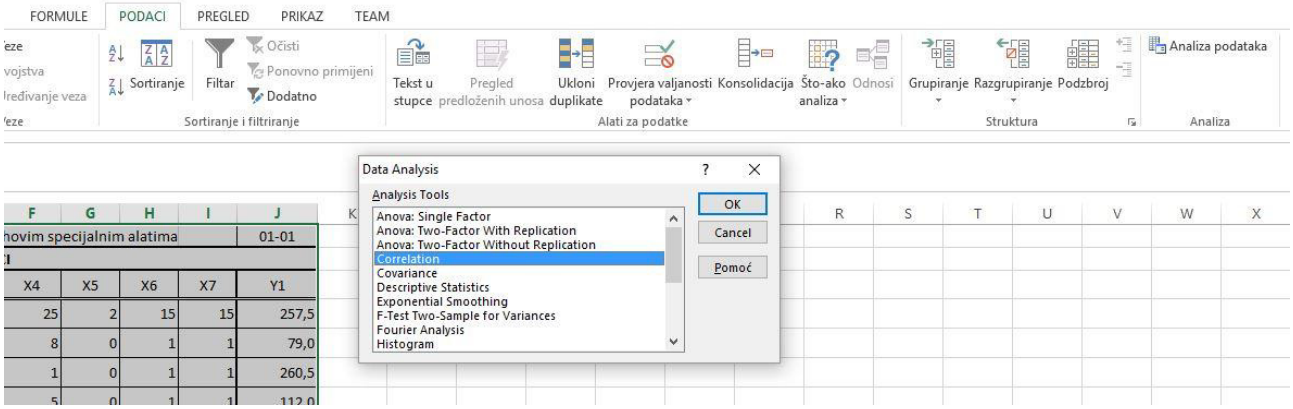
Prikupljeni podaci za 14 specijalnih alata prikazani su u tabeli u nastavku.

T-06	Tabela prikupljenih podataka o izratcima i njihovim specijalnim alatima								01-01
UZORAK									
REDNI BROJ	NAZIV ALATA	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y1
		mm^2	mm	mm^2					sati
1	Alat za štancanje bočne stranice montažnog okvira br. 86058	3.322,4	4,0	1.735,4	25	2	15	15	257,5
2	Alat za štancanje oblika držača kablova br. 86042	2.644,0	0,5	1.557,2	8	0	1	1	79,0
3	Alat za štancanje srednje rupe Φ 250 poklopca statora br. 86035	194.878,0	2,5	49.062,0	1	0	1	1	260,5
4	Alat za štancanje utora na obodu poklopca statora br. 86037	194.878,0	2,5	1.507,8	5	0	1	1	112,0
5	Alat za štancanje srednje rupe Φ 240 na kućištu statora br. 86035/1	338.724,0	4,0	45.216,0	1	0	1	1	88,0
6	Alat za štancanje rupe Φ 90 na kućištu statora br. 86036/1	338.724,0	4,0	6.358,5	16	1	1	1	31,5
7	Alat za štancanje rupe Φ 90 na poklopcu statora br. 86037	194.878,0	2,5	6.358,5	12	2	2	1	160,5
8	Alat za štancanje podložnog lima br. 86032	2.705,0	0,5	784,0	8	1	1	1	97,5
9	Alat za kompletan rez polnog lima br. 89114	26.744,0	2,0	22.513,4	30	11	8	8	696,0
10	Alat za kompletan rez prstenaste opruge br. 86034	6.908,0	1,0	0,0	3	0	1	1	127,5
11	Alat za štancanje oblika platine kontaktne utičnice br. 87072	121,0	0,7	49,7	14	0	5	5	106,0
12	Alat za štancanjei izvlačenje elektrode br. 87076	1.700,0	2,0	59,2	9	0	1	1	266,0
13	Alat za kompletan rez polnog lima br. Y24911	39.692,0	0,5	36.633,0	30	9	10	10	600,5
14	Alat za štancanjekontakta baterije TELE -EKG br. 87070	340,0	1,2	240,0	7	0	1	1	89,5

Tabela T-06: ***Prikupljeni podaci uzroka za istraživanje***

3.5 OBRADA PODATAKA

Uobičajeno je, prije modeliranja rješenja, prikupljene podatke obraditi sa ciljem pojednostavljenja modela.
Prvenstveno to znači da se iz većeg broja varijabli izdvoji određeni manji broj faktora koji utječu na rješenje. Pretpostavka je da su neke od pretpostavljenih varijabli međusobno povezane, te ih u modelu može prezentirati zajednički faktor uz minimalni gubitak informacija.
Budući se radi o relativno malom uzorku sa nevelikim brojem varijabli, obradu podataka je moguće provesti korištenjem aplikacije MS Excel.
MS Excel ima poseban modul „ANALIZA PODATAKA“ koji je moguće besplatno instalirati u aplikaciju, a koji sadrži više statističkih alata.



Slika S-03: MS EXCEL –PODACI – ANALIZA PODATAKA

Prvi korak je izrada tabele podataka sa osnovnim podacima koju se izravno može obrađivati u nekom od alata za obradu podataka.

T-07	Tabela prikupljenih podataka o izratcima i njihovim specijalnim alatima								01-01
PODACI									
R.br.	NAZIV	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y1
1	A1	3.322,4	4,0	1.735,4	25	2	15	15	257,5
2	A2	2.644,0	0,5	1.557,2	8	0	1	1	79,0
3	A3	194.878,0	2,5	49.062,0	1	0	1	1	260,5
4	A4	194.878,0	2,5	1.507,8	5	0	1	1	112,0
5	A5	338.724,0	4,0	45.216,0	1	0	1	1	88,0
6	A6	338.724,0	4,0	6.358,5	16	1	1	1	31,5
7	A7	194.878,0	2,5	6.358,5	12	2	2	1	160,5
8	A8	2.705,0	0,5	784,0	8	1	1	1	97,5
9	A9	26.744,0	2,0	22.513,4	30	11	8	8	696,0
10	A10	6.908,0	1,0	0,0	3	0	1	1	127,5
11	A11	121,0	0,7	49,7	14	0	5	5	106,0
12	A12	1.700,0	2,0	59,2	9	0	1	1	266,0
13	A13	39.692,0	0,5	36.633,0	30	9	10	10	600,5
14	A14	340,0	1,2	240,0	7	0	1	1	89,5

Tabela T-07: Podaci u tabeli MS Excel

Iako je u ovom istraživanju u uzorku pretpostavljen relativno mali broj varijabli, svejedno je provedena analiza njihove međuzavisnosti, a rezultati su prikazani u nastavku.

T-08	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X1	1						
X2	0,71486543	1					
X3	0,4631996	0,2483918	1				
X4	-0,2906149	-0,0093366	0,01802644	1			
X5	-0,1866873	-0,1278203	0,33602985	0,8408268	1		
X6	-0,3469564	0,13159047	0,08416346	0,83312879	0,60140408	1	
X7	-0,3574972	0,12400048	0,08915732	0,82692082	0,59613994	0,99822575	1

Tabela T-08: ***Korelacija nezavisnih varijabli***

Za promatrani skup podataka uočena je:

- GOTOVO POTPUNA VEZA IZMEĐU VARIJABLI
  - *X6 i X7 (r=0,99)*
- ČVRSTA VEZA IZMEĐU VARIJABLI
  - *X4 i X5 (r=0,84)*
  - *X4 i X6 (r=0,83)*
  - *X4 i X7 (r=0,83)*
- SREDNJE JAKA VEZA IZMEĐU VARIJABLI
  - *X1 i X2 (r=0,71)*

Određena povezanost između varijabli je očekivana, a može se zaključiti da se iz daljnje analize sasvim sigurno može izostaviti varijabla X7, a

T-09	X1	X2	X3	X4	X5	X6
X1	1					
X2	0,71486543	1				
X3	0,4631996	0,2483918	1			
X4	-0,2906149	-0,0093366	0,01802644	1		
X5	-0,1866873	-0,1278203	0,33602985	0,8408268	1	
X6	-0,3469564	0,13159047	0,08416346	0,83312879	0,60140408	1

Tabela T-09: ***Korelacija nezavisnih varijabli (bez X7)***

Za očekivati je da je pojava dobro objašnjiva sa samo 4 varijable.

T-10	X1	X2	X3	X4
X1	1			
X2	0,71486543	1		
X3	0,4631996	0,2483918	1	
X4	-0,2906149	-0,0093366	0,01802644	1

Tabela T-10: ***Korelacija nezavisnih varijabli (varijable X1 do X4)***

Veza između X1 i X2 je srednje jakosti, a i u uzorku je raspon vrijednosti varijable X2 relativno uzak, te za ovo istraživanje varijabla X2 ostaje za daljnju analizu.

3.6 MODEL

Odabrani model za istraživanje je REGRESIJSKA ANALIZA, i to višestruki linearni model.
Prilikom definiranja modela moguće je odabrati željeni model sa slobodnim članom jednadžbe (definira sjecište pravca sa ordinatom), ili bez slobodnog člana (pravac prolazi kroz ishodište koordinatnog sustava T(0;0).
Moguće je izbor razine povjerenja u rezultate koji je uobičajeno 95 %, što znači da će jednadžba biti primjerena za 95 od 100 specijalnih alata.

Rezultat modela je opća regresijska jednadžba tipa:

$$Y_j = c + \sum_{i=1}^{n} b_i \times X_i$$

gdje je za ovo istraživanje:
Y - potrebno vrijeme (očekivana vrijednost zavisne varijable)
c - konstanta modela – slobodan član jednadžbe
b - koeficijent uz pripadajuću zavisnu varijablu
X - utjecajni faktor (vrijednost nezavisne varijable)
- X1 - površina izratka (mm^2)
- X2 - debljina izratka (mm)
- X3 - površina otpatka (mm^2)
- X4 - broj potrebnih kota na crtežu
- X5 - broj toleriranih kota na crtežu
- X6 - broj otpadaka u jednom taktu

n - jednako 6 (broj nezavisnih varijabli)

Uz jednadžbu kojom se procjenjuje vrijednost zavisne varijable u odnosu na vrijednosti nezavisnih varijabli model daje i detaljne podatke vezane uz uzorak i njegove pojedine članove, koji mogu biti prikazani numerički i grafički.

Najvažniji podatak za ocjenu primjenljivosti metode je Pearsonov koeficijent linearne korelacije (r), koji proizlazi iz koeficijenta determinacije (R^2):

$$r = \sqrt{R^2}$$

Koeficijent determinacije govori o reprezentativnosti modela, a predstavljen je odnosom protumačenih i ukupnih odstupanja.
Što su koeficijenti korelacije i determinacije bliži vrijednosti jedan (1) to je model za promatranu pojavu bolji.
Uobičajeno se prihvaća ocjena prihvatljivosti modela prema Chadockovoj ljestvici:

T-11	Chadockova ljestvica				01-01
JAKOST VEZE OVISNO O KOEFICIJENTIMA DETERMINACIJE I KORELACIJE					
Rang	JAKOST VEZE	R_2		r	
1	Potpuna veza	1		1	
2	Čvrste veza	0,64	1	0,8	1
3	Srednje jaka veza	0,25	0,64	0,5	0,8
4	Slaba veza	0	0,25	0	0,5
5	Odsutnost veze	0		0	

Tabela T-11: ***Chadockova ljestvica***

Modeli kod kojih su veze čvrste primjereni su za procjenu vrijednosti zavisne varijable, čak i ukoliko je standardna greška na temelju uzorka relativno velike. Standardna greška ovisi o homogenosti uzorka. U pravilu će standardna greška modela padati sa povećanjem broja elemenata (populacije) u uzorku.

Za promatrani uzorak napravljeno je više modela, sa uvjetom 95 % povjerenja u rezultate koji su prikazani u nastavku:

SUMMARY OUTPUT	RM1	RM2	RM3	RM4	RM5	RM6
Regression Statistics	X1-X7		X1-X6		X1-X4	
Slobodni član	*83,07*	*0*	*86,71*	*0*	*38,67*	*0*
Multiple R	0,97	0,98 kn	0,97 kn	0,98 kn	0,91 kn	0,96 kn
R Square	0,95	0,97 kn	0,95 kn	0,97 kn	0,82 kn	0,92 kn
Adjusted R Square	0,88	0,80 kn	0,90 kn	0,82 kn	0,74 kn	0,79 kn
Standard Error	67,67	71,20 kn	63,10 kn	67,97 kn	100,96 kn	97,87 kn
Observations	14	14	14	14	14	14

Tabela T-12: ***Usporedbena tabela rezultata različitih regresijskih modela***

Iz tabele T-12, za promatrani uzorak može se zaključiti:

Obzirom na koeficijent korelacije (Multiple R) slobodni član ne utječe značajno, a općenito su modeli bez slobodnog člana sa većom korelacijom.

- SLOBODNI ČLAN JEDNADŽBE REGRESIJSKOG MODELA
  - *slobodni član ne utječe značajno ni na koeficijent korelacije, ni na koeficijent determinacije*
  - *za uzorak općenito modeli sa jednadžbom bez slobodnog člana rezultiraju većim vrijednostima koeficijenata korelacije i determinacije, u odnosu na modele sa slobodnim članom*
  -
- BROJ UKLJUČENIH NEZAVISNIH VARIJABLI U REGRESIJSKOM MODELU
  - *izostavljanje nezavisne varijable X7, prema očekivanju, ne utječe značajno na kvalitetu rješenja*
  - *izostavljanje nezavisnih varijabli X5 i X6 smanjuje kvalitetu rješenja, i to oba koeficijenta, a posebno objašnjenost pojave, a ujedno i povećava standardnu grešku modela.*

Izostavljanjem nezavisne varijable X7 rezultat je čak i nešto bolji u odnosu na model sa svim pretpostavljenim nezavisnim varijablama.
Izostavljanje varijabli X5; X6; X7 rezultira lošijim rješenjem po svim osnovnim regresijskim statističkim pokazateljima.
Na uzorku od samo 14 specijalnih alata, iako neznatno, smanjenje vrijednosti koeficijenata korelacije i determinacije značajno povećava standardnu grešku modela.

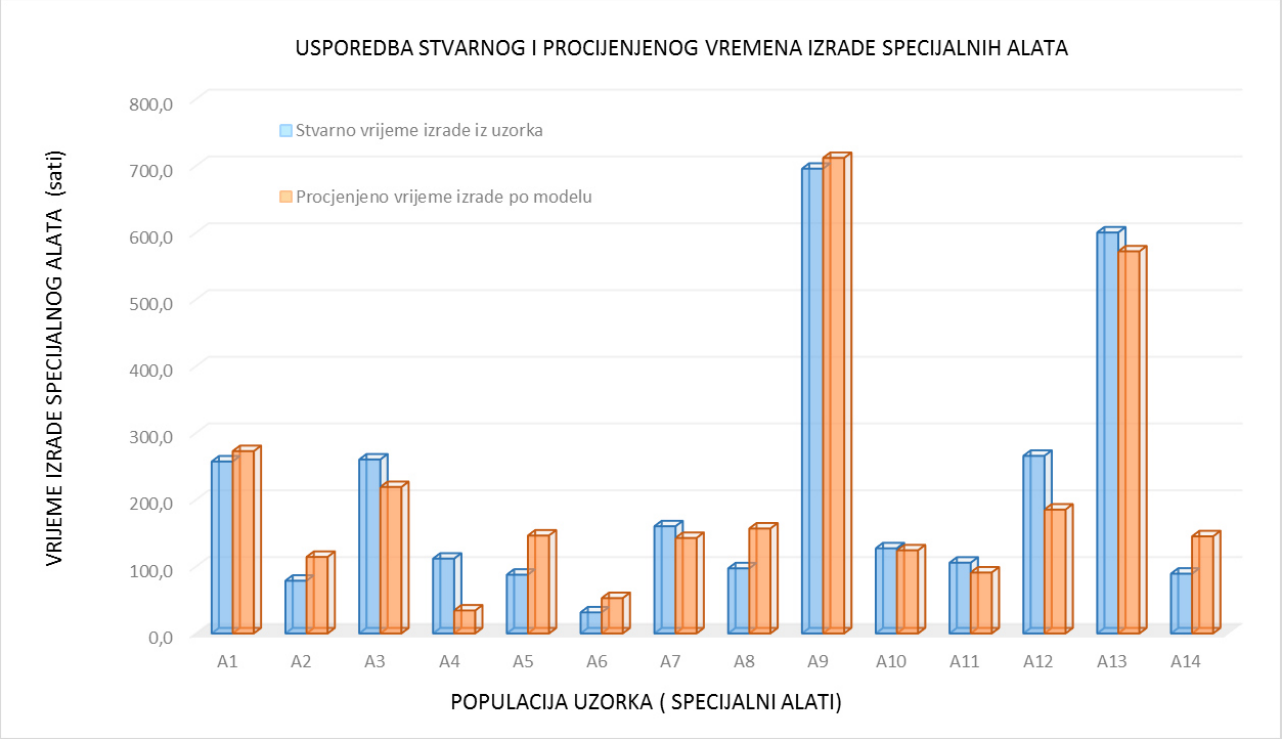
Za ovo istraživanje odabire se regresijski model (RM) sa 6 nezavisnih varijabli u regresijskoj jednadžbi koja ima slobodan član, i to prvenstveno iz razloga bolje objašnjenosti pojave i manje standardne greške modela u odnosu na model sa jednadžbom bez slobodnog člana.

3.7 REGRESIJSKI MODEL PROCJENE TROŠKA SPECIJALNOG ALATA ZA ŠTANCE

T-13	Tabela obrađenih podataka za modeliranje							01-01
PODACI ZA REGRESIJSKU ANALIZU								
R.br.	NAZIV	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y1
1	A1	3.322,4	4,0	1.735,4	25	2	15	257,5
2	A2	2.644,0	0,5	1.557,2	8	0	1	79,0
3	A3	194.878,0	2,5	49.062,0	1	0	1	260,5
4	A4	194.878,0	2,5	1.507,8	5	0	1	112,0
5	A5	338.724,0	4,0	45.216,0	1	0	1	88,0
6	A6	338.724,0	4,0	6.358,5	16	1	1	31,5
7	A7	194.878,0	2,5	6.358,5	12	2	2	160,5
8	A8	2.705,0	0,5	784,0	8	1	1	97,5
9	A9	26.744,0	2,0	22.513,4	30	11	8	696,0
10	A10	6.908,0	1,0	0,0	3	0	1	127,5
11	A11	121,0	0,7	49,7	14	0	5	106,0
12	A12	1.700,0	2,0	59,2	9	0	1	266,0
13	A13	39.692,0	0,5	36.633,0	30	9	10	600,5
14	A14	340,0	1,2	240,0	7	0	1	89,5

T-13 nastavak		01-01
REZULTATI REGRESIJSKOG MODELA		
Y1`	Odstupanje	%
273,1	-15,6	-5,70%
114,6	-35,6	-31,06%
219,3	41,2	18,78%
34,4	77,6	225,79%
146,6	-58,6	-39,97%
52,9	-21,4	-40,44%
143,0	17,5	12,23%
157,1	-59,6	-37,93%
712,1	-16,1	-2,26%
124,5	3,0	2,45%
91,3	14,7	16,14%
185,5	80,5	43,38%
572,2	28,3	4,94%
145,5	-56,0	-38,48%

Tabela T-13: ***Polazni podaci sa i rezultati regresijske analize***



Slika S-04: ***Grafički prikaz odstupanja stvarnih i procijenjenih vrijednosti vremena izrade***

Procijenjeno vrijeme izrade po regresijskom modelu prikazano je u nastavku tabele T-09 sa uključenim podacima o apsolutnom i relativnom odstupanju procijenjenih vremena u odnosu na stvarne podatke o potrebnim vremenima iz uzorka.
Na slici S-04 prikazan je grafički prikaz stvarnih i procijenjenih vremena izrade specijalnih alata.
U nastavku su prikazani detaljni podaci samog regresijskog modela.

T-14	Detaljni podaci regresijske analize	01-01

DETALJI REGRESIJSKOG MODELA ZA PROCJENU VREMENA IZRADE SPECIJALNOG ALATA

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,972686708
R Square	0,946119433
Adjusted R Square	0,899936089
Standard Error	63,10226609
Observations	14

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	6	489442,5852	81573,76421	20,48616149	0,000412493
Residual	7	27873,2719	3981,895986		
Total	13	517315,8571			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Intercept	86,71826332	57,41706754	1,510322053	0,174709294	-49,05152704	222,4880537	-49,05152704	222,4880537
X1	-0,000920819	0,000357852	-2,573187794	0,036836278	-0,001767004	-7,46348E-05	-0,001767004	-7,46348E-05
X2	50,00402243	28,23603925	1,770929059	0,119873551	-16,76360075	116,7716456	-16,76360075	116,7716456
X3	0,003973589	0,00189595	2,095829391	0,07432751	-0,000509622	0,008456799	-0,000509622	0,008456799
X4	1,006230971	7,393642866	0,136094073	0,895578121	-16,47695626	18,4894182	-16,47695626	18,4894182
X5	45,61688299	15,10719686	3,019546472	0,019398735	9,894038908	81,33972707	9,894038908	81,33972707
X6	-8,925578413	12,25685671	-0,728211043	0,490121472	-37,90843905	20,05728222	-37,90843905	20,05728222

RESIDUAL OUTPUT

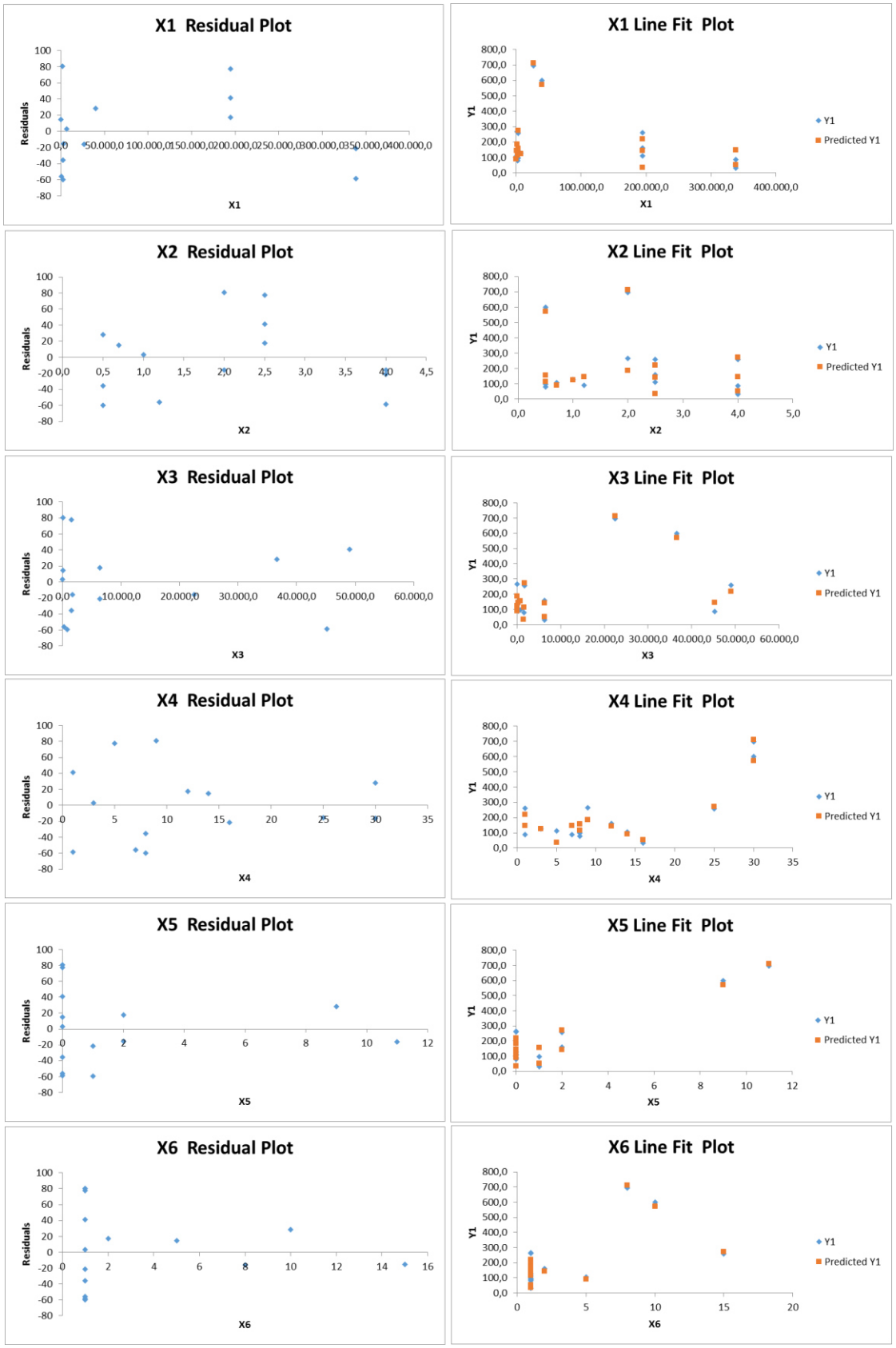
Observation	*Predicted Y1*	*Residuals*	*Standard Residuals*
1	273,0766528	-15,57665282	-0,336396788
2	114,5975699	-35,59756991	-0,768772876
3	219,3137633	41,18623672	0,889466942
4	34,37786404	77,62213596	1,676344561
5	146,5812135	-58,58121351	-1,265132651
6	52,8878452	-21,3878452	-0,461896565
7	143,0043542	17,49564578	0,377839778
8	157,0859043	-59,58590428	-1,286830172
9	712,1269213	-16,12692131	-0,348280506
10	124,4543811	3,04561894	0,06577385
11	91,26648877	14,73351123	0,318188119
12	185,5266523	80,47334773	1,737919952
13	572,218678	28,28132199	0,610769592
14	145,4817113	-55,98171133	-1,208993236

PROBABILITY OUTPUT

Percentile	*Y1*
3,571428571	31,5
10,71428571	79
17,85714286	88
25	89,5
32,14285714	97,5
39,28571429	106
46,42857143	112
53,57142857	127,5
60,71428571	160,5
67,85714286	257,5
75	260,5
82,14285714	266
89,28571429	600,5
96,42857143	696

Tabela T-14: ***Numerički podaci regresijske analize***

Osnovni podaci (Regression Statistic) ukazuju na postojanje čvrste veze između potrebnog vremena izrade specijalnog alata i odabranih utjecajnih faktora (r=0,97)
Čvrsta veza ukazuje na prihvatljivost modela u praksi.
Standardna greška modela iznosi 63,10 sati
Osnovno - zajedničko vrijeme (intercept) iznosi 86,71 sat, a ovisno o vrijednostima pojedinih utjecajnih faktora raste ili se smanjuje.



Slika S-05: ***Grafički prikaz rezultata po pojedinim nezavisnim varijablama***

3.8 ZAKLJUČAK ISTRAŽIVANJA

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti:

MOGUĆE JE ODREDITI CIJENU KOŠTANJA SPECIJALNOG ALATA NA OSNOVU PARAMETARA NJEGOVA IZRATKA

i to pomoću linearne jednadžbe:

$$\check{Y} = 86{,}72 - 0{,}00092 \times X_1 + 50{,}00402 \times X_2 + 0{,}003974 \times X_3 + 1{,}006231 \times X_4 + 45{,}61688 \times X_5 - 8{,}92558 \times X_6 \quad \text{.....} \quad [J\text{-}06]$$

gdje je:

$\check{Y}$	vrijeme izrade specijalnog alata (procijenjeno, očekivano)	(sati)
X_1	površina obratka	(mm^2)
X_2	debljina obratka	(mm)
X_3	površina otpatka	(mm^2)
X_4	broj potrebnih kota na crtežu	
X_5	broj toleriranih kota na crtežu	
X_6	broj otpadaka u jednom taktu	

Rezultati obrađenog skupa podataka ukazuju na zakonitost promjene zavisne varijable (potreban broj sati izrade) u odnosu na odabrane utjecajne faktore.
Čvrsta veza ukazuje na prihvatljivost modela u praksi.
Budući je objašnjenost visoka, za očekivati je da bi se istraživanjem na većem uzorku značajno smanjila standardna pogreška, koja je za ovaj uzorak tek nešto manja od konstante jednadžbe.
Aditivna konstanta jednadžbe iznosi 86,7 sati.
Obzirom na apsolutne vrijednosti koeficijenata uz pojedine nezavisne varijable, proizlazi slijedeći rang varijabli:

1. X2 = 50,00402
2. X5 = 45,61688
3. X6 = 8,92558
4. X4 = 1,006231
5. X3 = 0,003974
6. X1 = 0,00092

Međutim, stvarni utjecaj nezavisne varijable na vrijednost zavisne varijable je produkt vrijednosti nezavisne varijable i pripadajućeg joj koeficijenta pa se varijable ne rangiraju po pripadajućim im koeficijentima.
Na primjer, u ovom slučaju, koeficijenti faktora vezanih uz površinu imaju relativno mali iznos, ali je utjecaj tih faktora realno velik, budući se množe sa vrijednostima koje su značajno veće od vrijednosti ostalih utjecajnih faktora.

Ovo je posebno značajno u modelima u kojima se ograničava broj nezavisnih varijabli u regresijskoj jednadžbi, a što se koristi u cilju povećanja robusnosti modela.
Postoje dvije osnovne metode za izbor nezavisnih varijabli koje će se uključiti u model, i to metoda dodavanja varijabli, ili metoda isključivanja varijabli iz modela.
Pri tome je odlučujući kriterij za uvrštavanje nezavisne varijable u model upravo pokazatelj jakost veze pojedine nezavisne varijable sa zavisnom, a koja je u tabeli T-10 prikazana u stupcu naslovljenom „t Stat“.
Za napomenuti je da se nakon uvrštavanja jedne nezavisne varijable u regresijski model početni značaj preostalih nezavisnih varijabli na zavisnu mijenja (t Stat#const). Promjena je posljedica koju uzrokuju međusobne veze nezavisnih varijabli.

Obzirom na apsolutne vrijednosti pokazatelja jakosti veze pojedine nezavisne varijable „t Stat“, proizlazi za postavljeni regresijski model slijedeći rang nezavisnih varijabli:

1. X5 = 3,01
2. X1 = -2,57
3. X3 = 2,09
4. X2 = 1,77
5. X6 = -0,72
6. X4 = 0,13

Broj toleriranih kota (X5), utječe na preciznost alata, što iziskuje veće potrebno vrijeme izrade.
Površine (X1 i X3) utječu na gabarite alata, što uobičajeno znači da će biti potrebno više vremena za obradu većih površina. Povećanje površine obratka (X1) u ovom modelu smanjuje potrebno vrijeme izrade specijalnog alata iz razloga što je u uzorku nekoliko specijalnih alata kojima se obrađuje samo manji dio površine izratka.
Debljina obratka (X2) izravno utječe na robusnost reznih elemenata alata za štance.
Broj otpadaka u jednom taktu (X6) ima negativan koeficijent, svojim povećanjem smanjuje broj potrebnih sati izrade, što na prvi pogled nije jednostavno objašnjivo. Vjerojatno se radi o međuzavisnosti sa kompliciranošću i robusnošću alata.
Broj potrebnih kota na crtežu (X4) manjeg je značaja, što se može objasniti njegovom velikom međuzavisnošću sa varijablama X5 i X6 koje su „preuzele“ dio njegova značenja.
Ovdje se otvara pitanje povećanja robusnosti modela isključivanjem nezavisne varijable X4, ili X5, ili X6 iz modela, o čemu je potrebno voditi računa kod konkretnijih opsežnijih istraživanja.
Uzevši u obzir širinu područja koje pokrivaju specijalni alati obzirom na različitost karakteristika izradaka i brojnost tehnologija koje zahtijevaju korištenje specijalnih alata, kao i različite zavisne varijable (detaljnija analiza, kao što je to predviđeno na obrascu za prikupljanje podataka), očita je potreba za provedbom vrlo opsežnog i detaljnog istraživanja sa ciljem utvrđivanja zakonitosti po kojoj se može „unaprijed“ odrediti cijena specijalnog alata.
Isto je tako sasvim izvjesno da bi dobiveni rezultati bili od velikog značaja za proizvođače specijalnih alata, ali i za tvrtke koje razvijaju vlastite „tržišne proizvode“.
Dakle, može se zaključiti da su utjecajni faktori dobro odabrani, da je regresijski model uspješan, a da bi za njegovu primjenu u praksi bilo potrebno izvršiti opsežnije istraživanje.

Međutim, u kontekstu OTP-a, ovo istraživanje je pokazalo i mogućnost automatizacije, ne samo izračuna troška specijalnih alata, nego i drugih elemenata koji utječu na cijenu koštanja.
Kako je ovo istraživanje provedeno na temelju podataka sa 2D crteža, a OTP se temelji na 3D modelu izratka, iz kojeg je moguće dobiti puno veći broj, slobodno je reći, kvalitetnijih podataka o izratku, može se bez sumnje zaključiti da je ovim istraživanjem potvrđena mogućnost ostvarenja zamisli OTP-a.

Ovime je problem automatizacije izračuna troškova u OTP-u na teorijskoj razini riješen, pa preostaje sada samo razrada konkretnih modela za potrebe OTP-a.
Bit će potrebno i međusobno usklađivanje i objedinjavanje svih konkretnih rješenja u cjelinu sa ciljem automatiziranog projektiranja tehnoloških procesa.

LITERATURA

T-15	Tabela popisa literature					01-03
POPIS LITERATURE						
R. broj	Autor	Naziv	Izdavač	Grad	Godina	ISBN
01	**HALEVI,** G.					
		PRINCIPLES OF PROCESS PLANNING				
			CHAPMAN & HALL	LONDON	1995	0-412-54360-5
02	**ANTOLIĆ**, Dražen					
		PROCJENA VREMENA IZRADE PROIZVODA REGRESIJSKIM MODELIMA OPERATIVNA PRIPREMA RADA POSLOVANJE SPECIJALNIM ALATIMA				
			FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE - ZAGREB	ZAGREB	2007	magistarski rad
03						
		DIN 8580: FERTIGUNGSVERFAHREN – BEGRIFFE, EINTEILUNG				
			http://www.fachwissen-technik.de/verfahren/fertigungsverfahren.html	BERLIN	2003	DIN8580
04	**ĆOSIĆ,** Predrag; **LISJAK,** Dragutin; **ANTOLIĆ** Dražen					
		REGRESSION ANALYSIS AND NEURAL NETWORKS AS METHODS FOR PRODUCTION TIME ESTIMATION				
			TEHNIČKI VJESNIK	ZAGREB	2011	4; (479-484)
05	**HAVRILA,** Michal					
		RESEARCH OF TIME REQUIREMENTS FOR PREPARATION OF CONTROL PROGRAMS				
			JOURNAL OF ENGINEERING ANNALS OF THE FACULTY OF ENGINEERING HUNEDOARA	HUNEDOARA, ROMANIA	2009 Tome VII Fascicule 3,	(ISSN 1584 – 2673)
06	**IŠTVANIĆ,** i drugi					
		ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING LOG BAND SAW CAPACITY				
			CROATIAN JOURNAL OF FOREST ENGINEERING	ZAGREB	2009	str. 27-35
07	**MENDENHALL,** Wiliam; **SINCHIC**, Terry L.					
		STATISTICS FOR ENGINEERING AND THE SCIENCES SIXTH EDITION				
			CRC PRESS	BOCA RATON	2015	13-978-1-4987-2885-0
08	**FULGOSI;** Ante					
		FAKTORSKA ANALIZA				
			ŠKOLSKA KNJIGA	ZAGREB	1988	
09	**HADŽIVUKOVIĆ,** Stevan; **ZEGNAL,** Rudolf**; Čobanović,** Katarina					
		REGRESIONA ANALIZA				
			PRIVREDNI PREGLED	BEOGRAD	1982	
10	**OPETUK,** Tihomir					
		ANALIZA GLAVNIH KOMPONENTI & FAKTORSKA ANALIZA				
			FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE - ZAGREB	ZAGREB	2009	seminarski rad
11	**DELL; STATSOFT**					
		STATISTICA 12				
			WWW.STATSOFT.COM	TULSA	2013	softver
12	**MATHWORKS**					
		MATLAB 8.7				
			WWW.MATHWORKS.COM	MASSACHUSETTS	2015	softver

PRILOZI

T-16	Tabela popisa priloga			01-01
POPIS PRILOGA				
Redni broj	Oznaka	Naziv	Komentar	Listova*
1	**A**	**Regresijski model procjene utroška vremena za izradu specijalnih alata za štancanje**	MS Excel datoteka	7

* Broj u zadnjem stupcu u tablici označava broj listova u tabeli u MS Excel datoteci.

PRILOG C

DODATNA ZNAČAJKA „RUPA“ U OTP METODI

Sadržaj

1. Značajka „RUPA“ 2
2. Vanjski oblici 10
3. Unutarnji oblici 15

1. Značajka „RUPA“

Za podatke koji su pretpostavljeno tehnološki važni, a koji nisu jednostavno „dohvatljivi“ iz 3DM potrebno je napraviti poseban algoritam za njihov „dohvat“.
Podatak o postojanju prolazne uzdužne rupe, i po mogućnosti kvantificiranju njenog promjera, svakako je jedan od značajnih podataka za projektiranje tehnoloških procesa:

- UTJEČE NA ODLUKU O IZBORU POLAZNOG MATERIJALA
  - *Za 3DM bez prolazne rupe primjereni su „puni“ poluproizvodi (šipke ili limovi)*
  - *Za 3DM sa prolaznom rupom primjereni su „cjevasti“ poluproizvodi (okrugle ili kvadratne cijevi)*
- UTJEČE NA IZBOR KARAKTERISTIČNIH IZMJERA POLUPROIZVODA
  - *Poznavanje promjera prolazne rupe 3DM omogućuje izbor točno određenog poluproizvoda*
  - *U slučaju ne postojanja cijevi sa utvrđenim promjerom rupe moguće je jednostavnim pretraživanjem baze podataka pronaći „najprikladniji“ poluproizvod. U pravilu je to cijev sa prvim manjim promjerom od traženog. Ukoliko se ni vanjski promjeri ne podudaraju, izabire se cijev prvog većeg vanjskog i prvog manjeg unutarnjeg promjera.*
  - *U slučaju ne pronalaska odgovarajuće cijevi, kao treći izbor preostaje okrugla šipka jednaka vanjskom promjeru 3DM (ili dostupnog prvog većeg promjera).*

Čak i ako se zanemari značaj pravilnog izbora polaznog materijala:

- UTJEČE NA CIJENU KOŠTANJA IZRATKA
  - *Trošak materijala*
  - *Trošak rada (npr. potrebno manje vremena za izradu iz cijevi, u odnosu iz šipke)*
- UTJEČE NA ROK ISPORUKE
  - *Manje potrebno vrijeme izrade skraćuje rok isporuke (posebno kod većih serija)*
- UTJEČE NA OKOLIŠ
  - *Manja potreba sirovine za izradak (manje rudače, manje metalurgije,…)*
  - *Manje količine odvojeni čestica (strugotine)*
  - *Manje transporta (onečišćenje uslijed pogona na fosilna goriva)*
  - *Manji utrošak energije u proizvodnom procesu (npr. nema potrebe za energijom bušenja)*

samo poznavanje podatka o razlici mase izratka i mase polaznog materijala, može rezultirati okvirnim informacijama o cijeni koštanja izratka bez projektiranja tehnološkog procesa.
Poznati su podaci o količini materijala koja se za određenu vrstu tehnološkog postupka može odvojiti u jedinici vremena.
Ukoliko je poznat i podatak o traženoj preciznosti izratka i finoći njegovih površina može se i bez detaljnijeg projektiranja tehnoloških procesa relativno točno procijeniti cijena koštanja izratka, pa i vrijeme izrade i posljedično rok isporuke.

Iz svega navedenog razumno je zaključiti da je podatak o prolaznoj rupi 3DM toliko značajan da bi ga dobar „.btp“ trebao sadržavati.
Na žalost ovaj podatak spada u skupinu teže dohvatljivih podataka, odnosno ne postoji (do sada) rutina u 3DS koja to jednostavno kvantificira.

Budući je za OTP metodu podatak o prolaznoj uzdužnoj rupi 3DM vrlo značajan, napravljen je algoritam za njegovo kvantificiranje.

Algoritam se temelji na informaciji o masi, odnosno volumenu izratka. 3DS ima ugrađenu značajku MASS_PROP, koja se može odabrati iz izbornika 3DS, a koja kvantificira osnovne značajke o 3DM, među kojima je i masa 3DM.
U OTP metodi se podaci iz ove značajke višestruko koriste, a sama značajka je nazvana MASS_PROP_1. Razlog je što takvo ime automatski dodjeljuje 3DS, pa je to ime pogodno za automatizaciju dodavanja ove značajke u 3DM.
Zamisao je da se utvrđivanje postojanja prolazne uzdužne rupe utvrdi usporedbom mase 3DM iz MASS_PROP_1 i mase tog istog 3DM, ali u nekom međufaznom stanju.

Provedba je moguća na način da se na dno hijerarhijskog stabla u 3DM umetne značajka 3D elementa modela koja nastaje izvlačenjem kružnice, i to sa oduzimanjem mase (EXTRUDE/CUT alat u 3DS):

- CENTAR KRUŽNICE SE POSTAVLJA U OS X 3DM, I TO NA KRAJNJU PLOHU OKOMITU NA OS X.
- DULJINA IZVLAČENJA SE ODABIRE FUNKCIJOM „KROZ CIJEL MODEL“, ODNOSNO „KROZ SVE POVRŠINE“.
- POČETNI PROMJER KRUŽNICE SE IZABIRE KAO VRLO MALA MJERA (0,1 MM)
  - *Na žalost nije moguće postaviti vrijednost 0, jer u tom slučaju alat EXTRUDE ne radi*
  - *Za veće 3DM, npr. preko 1.000 mm, ne može se postaviti ni 0,1 mm, jer u tom slučaju 3DS javlja poruku da je u odnosu na gabarite izratka ovo premala mjera*
  - *Pozitivno je što u praksi gotovo da ni nema cijevi sa unutarnjim promjerom manjim od 1 mm, tako da se i sa početnom vrijednošću od 1 mm može utvrditi razlika u masi 3DM*
- TAKO NAPRAVLJENA ZNAČAJKA PREIMENUJE SE U HIJERARHIJSKOM STABLU 3DM
  - *Za OTP metodu odabran je jedinstveni naziv za ovu značajku „RUPA“*
  - *Aktivacijom ove značajke u 3DM se privremeno dodaje prolazna rupa promjera 1 (0,1) mm*
- KVALITATIVNA PROVJERA 3DM – AKTIVACIJA ZNAČAJKE „RUPA“
  - *Ukoliko nema razlike mase nakon prvog koraka (kada je promjer kružnice značajke „RUPA“ najmanji) može se zaključiti da u 3DM postoji prolazna rupa dodatna rupa promjera 1 mm dio je veće rupe, pa ne oduzima materijal u 3DM.*
  - *Ukoliko razlike mase nakon prvog koraka postoji (kada je promjer kružnice značajke „RUPA“ najmanji) može se zaključiti da u 3DM ne postoji prolazna rupa dodatna rupa promjera 1 mm oduzima materijal iz punog komada, što smanjuje masu izvornog 3DM.*
  - *Ukoliko ne postoji prolazna rupa u 3DM značajka „RUPA“ se deaktivira*
  - *Ukoliko postoji prolazna rupa u 3DM promjer kružnice značajke „RUPA“ se povećava*
- KVANTIFIKACIJA PROLAZNE RUPE 3DM – ITERACIJA ZNAČAJKE „RUPA“
  - *Nakon svake iteracije izračunava se MASS_PROP 3DM za trenutno stanje i uspoređuje se trenutna masa 3DM sa masom 3DM iz MASS_PROP_1*
  - *Logika zaključivanja je ista kao i u prvom koraku*
  - *Korak u kojem se prvi puta masa iz MASS_PROP_1 i trenutna masa razlikuju je zadnji korak iteracije*
  - *Promjer kružnice značajke „RUPA“ u zadnjem koraku iteracije je veći od promjera prolazne rupe 3DM*
  - *S tehnološkog stajališta bolje je da je rupa polaznog materijala manja od rupe izratka, te se kao promjer prolazne rupe u .btp upisuje vrijednost promjera kružnice iz n-1 koraka (predzadnjeg koraka iteracije.*
- DEAKTIVACIJA ZNAČAJKE „RUPA“
  - *Nakon upisa vrijednosti promjera prolazne rupe u parametar 3DM*

Vrlo je značajno osigurati da značajka „RUPA“ nije sastavni dio 3DM, već samo pomoćna značajka koja ni na koji način ne utječe na 3DM kada nije aktivna. Ovo je iz razloga da se u 3DM ne poveća broj unutarnjih rotacijskih površina, ili umanji stvarna masa izratka,…
Međutim, tijekom primjene iterativnog postupka utvrđeno je da on može biti dugotrajan, poglavito u slučajevima 3DM sa vrlo velikim rupama.
Uz pred definiranu vrijednost koraka iteracije 0,1 mm, potrebno je za svaki milimetar promjera 10 koraka…
Prvotno rješenje omogućavalo je izbor intervala povećanja promjera kružnice značajke „RUPA“ u svakom korak (npr. ne 0,1 mm, nego 0,2 mm, ili 1,0 mm).
Povećanje intervala, zbog manjeg broja potrebnih koraka, može skratiti ovaj postupak, ali istovremeno utječe i na povećano odstupanje točnosti „dohvaćenog“ promjera u odnosu na stvarni u 3DM.

Jedno od mogućih ubrzanja postupka, uz istovremeno postizanje visoke točnosti „dohvaćenog“ podatka o promjeru prolazne rupe bilo bi provedbom postupka u 3 faze:

- KVALITATIVNA PROVJERA
  - *Koja uvijek počinje sa minimalnim promjerom kružnice značajke „RUPE“ (0,1 mm, ili 1 mm u slučaju velikih 3DM),*
- GRUBA KVANTIFIKACIJA
  - *Odabire se grublji korak iteracije (npr. 2 mm)*
  - *Finoća koraka iteracije ujedno je i interval u kojem je moguća pogreška kvantifikacije*
  - *Promjer kružnice značajke „RUPA“ u zadnjem koraku se pamti kao privremena varijabla u algoritmu*
- PRECIZNA KVANTIFIKACIJA
  - *Odabire se minimalni korak iteracije (0,1mm)*
  - *Iteracija počinje od vrijednosti varijable utvrđene grubom kvantifikacijom*
  - *Smjer iteracije je silazan, odnosno za svaki korak promjer kružnice značajke „RUPA“ se smanjuje za 0,1 mm (minimalni korak iteracije)*
  - *Promjer kružnice značajke „RUPA“ u koraku u kojem prvi puta nema promjene mase smatra se promjerom prolazne rupe 3DM i upisuje se kao parametar 3DM i u .btp.*

Nedostatak navedenog postupka je u činjenici da se sastoji od tri međusobno zavisne cjeline, što može biti programerski zahtjevnije.

U cilju optimizacije brzine, točnosti i stabilnosti algoritma, umjesto iterativnog postupka primijenjena je skokovita (bisekcijska) metoda približavanju promjeru prolazne rupe. Za ovaj slučaj OTP metode korišten je princip geometrijskog niza.
Princip prepolovljavanja vrijednosti u slučaju prevelikog promjera u prvom koraku, odnosno udvostručenje u slučaju premalog promjera u prvom koraku.
Prethodnim testiranjem metode u MS Excell (PC) aplikaciji utvrđeno je da je moguća kvantifikacija uzdužne prolazne rupe 3D modela:

- U OGRANIČENOM BROJU KORAKA
  - *Ni u jednom proizvoljnom primjeru potreban broj koraka nije bio veći od 30*
  - *Ovaj broj koraka odgovara potrebnom broju iterativnih koraka za rupu promjera 3 mm*
- SA TEHNOLOŠKI APSOLUTNOM TOČNOŠĆU
  - *Točnost se izračunava na 7 decimalu, kontrola je na 99.99999% tražene vrijednosti. Vrijedno je za napomenuti da je maksimalna relativna točnost modela koja se može zadati u 3DS = 0.0001 (te da je Absolute accuracy = Relative accuracy * Part Size)*

U nastavku su opisane potrebe oznake, ograničenja, jednadžbe, i procedure za geometrijsko skokoviti algoritam kvantificiranja prolazne rupe u 3DM:

OZNAKE

- m_{3DM} - MASA 3DM
  - *Stvarna masa izratka (kg)*
- d_U - PROMJER PROLAZNE RUPE 3DM
  - *Stvarni promjer uzdužne prolazne rupe (po osi X) u izratku (mm)*

- d_K - PROMJER KRUŽNICE U KVALIFIKACIJSKOM KORAKU
  - *Početni promjer kružnice značajke „RUPA“ (mm)*
  - *Promjer za kvalitativnu provjeru („cijev“ ili „puno“)*
- d_M - PROMJER KRUŽNICE U PRVOM MJERITELJSKOM KORAKU
  - *Početni promjer kružnice značajka „RUPA“ u kvantifikacijskoj iteraciji*
  - *Promjer kružnice značajke „RUPA“ se kvantificira samo u slučaju „cijevi“*
- d_{R_i} - PROMJER KRUŽNICE U I-TOM KORAKU
  - *Promjer kružnice značajke „RUPA“u i-tom koraku (mm)*
- $d_{R_{i=n}}$ - PROMJER KRUŽNICE U ZADNJEM KORAKU ITERACIJE
  - *Promjer kružnice značajke „RUPA“ u zadnjem koraku (mm)*
  - *.btp promjer prolazne rupe po osi X*
  - *Vrijednost parametra prolazne rupe u 3DS*
  - *Vrijednost u polju O0 .btp*
- m_{3DM_i} - MASA 3DM U I-TOM KORAKU AKTIVNE ZNAČAJKE „RUPA“
  - *Masa 3DM koja uključuje utjecaj aktivne značajke „RUPA“ na 3DM*

- Δ_{m_i} - RAZLIKA MASE U I-TOM KORAKU AKTIVNE ZNAČAJKE „RUPA“
  - *Razlika mase 3DM u odnosu na masu u i-tom koraku aktivirane značajke „RUPA“*
  - *Nije značajan iznos razlike, nego samo kvalitativni podatak postoji li ili ne razlika mase 3DM u odnosu na trenutnu iteraciju značajke „RUPA“*
- $\Delta_{d_{Ri}}$ - INTERVAL KRUŽNICE I-TOG KORAKA AKTIVNE ZNAČAJKE „RUPA“
  - *Širina preostalog intervala u kojem se nalazi traženi promjer uzdužne prolazne rupe 3DM*
  - *Razlika promjera kružnice značajke „RUPA“ iz prethodnog koraka i trenutnog koraka*

- i - TRENUTNI KORAK U PRIBLIŽAVANJU PROMJERU PROLAZNE RUPE 3DM
  - *i ide od 1 do n*
- k - REDNI BROJ KORAKA U KOJEM JE PRVI PUTA UTVRĐENO SMANJENJE MASE
  - *i ide od 1 do n*
- n - UKUPNI BROJ KORAKA U PRIBLIŽAVANJU PROMJERU PROLAZNE RUPE 3DM
  - *n je redni broj zadnjeg koraka u postupku*
  - *potreban broj iteracija do kvantifikacije u zadanoj preciznosti*

- OGRANIČENJA
  - $d_K = 1{,}00$
    - *Za izratke većih dimenzija ova veličina mora biti veća od 0,1 mm*
    - *Za izratke koji ni jedan gabarit nije veći od 1.000 mm*
  - $d_{\mathrm{M}} = 100{,}00$
    - *Početni promjer u drugom koraku u slučaju da 3DM ima uzdužnu prolaznu rupu*
  - $\Delta_{\mathrm{R=U}} = \pm 0{,}01$
    - *Zadana „blizina" promjera kružnice značajke „RUPA", stvarnom promjeru prolazne rupe 3DM*
    - *Zbog preciznosti izračuna volumena i mase modela od strane 3DS nije moguće potpuno točno odrediti unutarnji promjer, ali je postignuta točnost u stotinkama mm tehnološki zadovoljavajuća*
    - *Gotovo da ni ne postoje standardni poluproizvodi kojima je nazivna mjera prolazne rupe istaknuta saviše od jedne decimale.*
    - $d_{R_{i=n}} \cong d_U \quad \rightarrow \quad d_U = d_{R_{i=n}} \pm 0{,}01$

- JEDNADŽBE
  - $\Delta_{m_i} = m_{3DM} - m_{3DM_i}$
    - *Razlika mase nakon i-tog koraka*
    - *Utvrđuje se u 3DS usporedbom MASS_PROP_1 i trenutnim MASS_PROP_RUPA*
    - *Nije važan iznos razlike mase, nego samo postoji li razlika mase ili ne*
    - *Iznos razlike mase ovisi o obliku 3DM, te se na temelju iznosa razlike mase ne može pouzdano zaključiti o „blizini" trenutnog promjera kružnice značajke „RUPE" i stvarnog promjera prolazne rupe 3DM*
  - $\Delta_{d_{R_i}} = d_{R_{i-1}} - d_{R_i}$
    - *Razlika promjera kružnice prethodnog i trenutnog koraka iteracije*
    - *Interval koji je još potrebno istražiti*
  - $k_i = IF\left(\Delta_{m_i} > 0; i; i-1\right)$
    - *Označavanje rednih brojeva koraka u kojima je utvrđena promjena mase*
    - *O vrijednosti ove veličine ovisi jednadžba po kojoj se izračunava promjer kružnice značajke „RUPA" u slijedećem koraku*
  - $k = min(k_{i=1} : k_{i=n})$
    - *Definiranje prvog koraka u kojem je utvrđena promjena mase*
    - *Ovaj podatak može biti iskorišten za pojednostavljenje algoritma glede odabira optimalne jednadžbe za izračun promjera kružnice značajke „RUPA" u slijedećem*
  - $n = IF\left(ABS\left(\Delta_{d_{R_i}}\right) < \Delta_{\mathrm{R=U}}; i; i = i+1\right)$
    - *Redni broj koraka u kojem apsolutna vrijednost preostalog intervala postaje manja od ograničenjem zadane točnosti približavanja promjeru prolazne rupe 3DM*
    - *Ispunjenje uvjeta* $\left|\Delta_{d_{R_i}}\right| < \Delta_{R=U}$ *znači da je iteracija okončana. Ukoliko ovaj uvjet nije ispunjen iteracija se nastavlja sve do ispunjenja uvjeta.*

- $d_{R_i} = f\left(d_{R_{i-1}}; \Delta_{m_i}; \Delta_{d_{R_{i-1}}}; k_i\right)$
  - $d_{R_1} = d_K$ *promjer kružnici u kvalifikacijskom koraku*
  - $d_{R_2} = IF\left(\Delta_{m_1} = 0; 0; d_M\right)$ *promjer kružnice u prvom mjeriteljskom koraku*
  - $d_{R_{i>2}} = f\left(d_{R_{i-1}}; \Delta_{m_i}; \Delta_{d_{R_i}}; k_i\right)$ *promjer kružnice u daljnjim mjeriteljskim koracima*

Promjer klasifikacijskog koraka, odnosno prvog promjera kružnice značajke „RUPA“ je uvijek isti, zadana ograničenjem postupka. Za ovo istraživanje ova veličina je utvrđena u iznosu 1 mm.
Promjer prvog mjeriteljskog koraka, odnosno drugog iteracijskog koraka je za „pune“ modele naravno 0, a za „cjevaste“ modele uvijek vrijednost zadana ograničenjem početne vrijednosti. Za ovo istraživanje vrijednost ovog ograničenja je 100 mm,

Promjeri daljnjih koraka izračunavaju se na temelju vrijednosti utjecajnih faktora iz prethodnog koraka.
Zavisno o međusobnim odnosima utjecajnih faktora na veličinu promjera kružnice značajke „RUPA“ u trećem i daljnjim iterativnim koracima postoji nekoliko mogućih jednadžbi:

- $d_{R_{i>2}} = IF(i = n + 1;$ DEAKTIVACIJA ZNAČAJKE $RUPA"$
  - *Nakon zadnjeg koraka se postupak iteracije obustavlja, te je ovo samo pomoćni uvjet kojim se onemogućuje beskonačna petlja*

- $d_{R_{i>2}} = IF\left(\Delta_{m_{i-1}} > 0; d_{R_{i-1}} - \frac{ABS\left(\Delta_{d_{R_{i-1}}}\right)}{2}; \ldots\right)$
  - *U prethodnom koraku postoji razlika mase, pa je potrebno smanjiti promjer kružnice značajke „RUPA“*

- $d_{R_{i>2}} = IF(k_{i-1} = 0; d_{R_{i-1}} \times 2; \ldots)$
  - *Tijekom iterativnog postupka još ni u jednom koraku nije bilo promjene mase, odnosno je uvijek promjer kružnice značajke „RUPA“ bio manji od promjera prolazne rupe 3DM*
  - *Cilj je u što manjem broju koraka doći do promjene mase, pa se promjer kružnice značajke „RUPA“ udvostručava*

- $d_{R_{i>2}} = IF\left(\Delta_{m_{i-1}} = 0; d_{R_{i-1}} + \frac{ABS\left(\Delta_{d_{R_{i-1}}}\right)}{2}; \ldots\right)$
  - *Tijekom iterativnog postupka već je bilo promjene mase, pa se dalje približavanje vrši geometrijskim prepolovljavanjem preostalog intervala*

Jedinstvena jednadžba za određivanje promjera kružnice značajke „RUPA“ od trećeg koraka pa do kraja iteracije može se zapisati kao:

$$d_{R_{i>2}} = IF\left(\Delta_{m_{i-1}} > 0; d_{R_{i-1}} - \frac{ABS\left(\Delta_{d_{R_{i-1}}}\right)}{2}; IF(k_{i-1} = 0; d_{R_{i-1}} \times 2; IF\left(\Delta_{m_{i-1}} = 0; d_{R_{i-1}} + \frac{ABS\left(\Delta_{d_{R_{i-1}}}\right)}{2}; ""\right))\right)$$

Redoslijed uvjeta je važan, odnosno ukoliko je prethodni uvjet ispunjen, preostali uvjeti nisu više relevantni za promatrani korak.

Procedura se uvijek temelji na razlici mase u svakom koraku. Prvi korak je klasifikacijski, pa se razlikuje od ostalih koraka.

Drugi korak se odvija samo u slučaju da se radi o 3DM sa prolaznom uzdužnom rupom, a on se od daljnjih koraka razlikuje u tome što je promjer kružnice značajke „RUPA“ konstantan. Za ovo istraživanje odabrana je konstanta 100 mm.

U daljnjim koracima promjer kružnice značajke „RUPA“ može se povećavati ili smanjivati u odnosu na prethodni korak.
Ukoliko je razlika mase u trenutnom koraku veća od nule potrebno je smanjivati postojeći promjer kružnice značajke „RUPA“ u slijedećem koraku.
Ovaj postupak je jednostavan, jer se prethodna veličina polja prepolovljuje u svim slučajevima, pa postoje samo dvije mogućnosti za definiranje promjera kružnice značajke „RUPA“ za slijedeći korak:

- SMANJENJA NEMA
  - *Nema promjene mase 3DM u trenutnom koraku, odnosno promjer kružnice značajke „RUPA“ je manji od promjera rupe na 3DM*
- SMANJENJE JE ZA POLA PRETHODNOG INTERVALA
  - *Promjena mase 3DM u trenutnom koraku je veća od nule, odnosno promjer kružnice značajke „RUPA“ je veći od promjera rupe na 3DM*

Nešto složenije je u slučaju kada u trenutnom koraku nema promjene mase. Tada je potrebno povećavati promjer kružnice značajke „RUPA“ u slijedećem koraku, ali ne uvijek udvostručenjem vrijednosti.
Naime, dok se ne dođe prvi puta do stanja u kojem je kružnica značajke „RUPA“ veća od stvarnog promjera prolazne rupe u 3DM, a to se utvrđuje na način da postoji promjena mase, do tada se može prethodni promjer udvostručavati.
Nakon što se prvi puta prijeđe ova granica, u kasnijim iteracijama se koristi metoda dodavanja prepolovljene veličine prethodnog polja.
To je razlog da za definiranje slijedećeg promjera kružnice značajke „RUPA“ u slučaju povećanja slijedećeg promjera postoje tri mogućnosti:

- POVEĆANJA NEMA
  - *Promjena mase 3DM u trenutnom koraku je veća od nule, odnosno promjer kružnice značajke „RUPA“ je veći od promjera rupe na 3DM*
- POVEĆANJE JE DVOSTRUKO
  - *Nema promjene mase 3DM u trenutnom koraku, odnosno promjer kružnice značajke „RUPA“ je manji od promjera rupe na 3DM*
  - *Promjer kružnice značajke „RUPA“ u dosadašnjim koracima ni jednom nije bio veći od promjera rupe 3DM*
- POVEĆANJE JE ZA POLA PRETHODNOG INTERVALA
  - *Nema promjene mase 3DM u trenutnom koraku, odnosno promjer kružnice značajke „RUPA“ je manji od promjera rupe na 3DM*
  - *Promjer kružnice značajke „RUPA“ u dosadašnjim koracima barem jednom je već bio veći od promjera rupe 3DM*

U slučaju da nema udvostručenja polja moglo bi se desiti da se nikada ne može doseći određena vrijednost (geometrijski niz konvergira nekoj vrijednosti obzirom na početnu vrijednost.
S druge strane, kada bi se uvijek udvostručavala vrijednost moglo bi se desiti da u dva uzastopna povećanja vrijednost postaje veća od vrijednosti koji je već ranije utvrđen kao prevelik. Dakle, uz promjenu mase, potrebno je pratiti i prethodne promjene stanja.

Simulacija točnosti rješenja napravljena je u MS Excel tabeli, koja je priložena kao prilog ovom radu. [P-C].

S-xx	*Algoritam značajke „RUPA“ – u MS EXCEL*	*[0]*

ALGORITAM ZA PRIBLIŽAVANJE MAKSIMALNOM PROMJERU PROLAZNE RUPE								
Korak	RUPA			Polje	d_K	1	d_U	121,70
i	d_{R_i}	Δ_{m_i}	k_i	$\Delta_{d_{R_i}}$	d_M	100	k	**3**
i	mm	kg		mm	$\Delta_{R=U}$	0,01	n	**17**
U n=	**17**	koraka			rezultat je cjevasti model prolazne rupe du=		**121,70**	mm
1	1,00	NE		100,00				
2	100,00	NE		*100,000*				
3	200,00	DA	3	*100,000*				
4	150,00	DA	4	*-50,000*				
5	125,00	DA	5	*-25,000*				
6	112,50	NE	5	*-12,500*				
7	118,75	NE	5	*6,250*				
8	121,88	DA	8	*3,125*				
9	120,31	NE	8	*-1,563*				
10	121,09	NE	8	*0,781*				
11	121,48	NE	8	*0,391*				
12	121,68	NE	8	*0,195*				
13	121,78	DA	13	*0,098*				
14	121,73	DA	14	*-0,049*				
15	121,70	DA	15	*-0,024*				
16	121,69	NE	15	*-0,012*				
17	121,70	NE	15	*0,006*				

Opisana zamisao može se koristiti i za kvalitativnu i kvantitativnu analizu i drugih tehnoloških značajki.
Npr. može se istražiti da li 3DM ima pravokutni uzdužni otvor, odnosno radi li se o pravokutnim cijevima kao mogućem polaznom materijalu.
Postupak se može kombinirati sa rezultatom značajke „RUPA“, pa je moguće kao početne vrijednosti po osima Y i Z odabrati od promjera prolazne rupe.
Moguće je utvrditi i radi li se o kvadratnim ili raznostraničnim pravokutnim cijevima kao mogućem polaznom materijalu za izradu.

Uz manje izmjene, opisana zamisao može se primijeniti i za podatke vezane uz oblik izmjere krajnjih vanjskih površina po sve tri osi. Za razliku od opisane metode u kojoj je temelj za odluku o nastavku iterativnog postupka bila razlika mase 3DM u odnosu na masu u trenutnom iterativnom postupku, kod vanjskih oblika temelj iteracije je ne postojanje ili postojanje mase 3DM u trenutnom iterativnom koraku.

2. Vanjski oblici

Određivanje vanjskog oblika izratka moguće je na sličan način kao i za već napravljeni algoritam značajke „RUPA“.
Za mjerenje vanjskog promjera u 3DM bi se dodala značajka **„PROMJER“**, što ukazuje da se radi o vanjskom promjeru izratka.
U oba slučaja se kao dodatna značajka 3DM koristi EXTRUDE/CUT/CIRCLE/Center and Point (u centru koordinatnog sustava (X=0; Y=0; Z=0) s time da se kružnica smješta u ravninu YX.
Kod značajke „RUPA“ mjeriteljski kriterij je RAZLIKA VOLUMENA.
Kod značajke „PROMJER“ mjeriteljski kriterije je „NE POSTOJANJE VOLUMENA“.
Moguća su dva pristupa utvrđivanja postojanja volumena:

- POČETNI MJERITELJSKI PROMJER JE JEDNAK IZMJERENOM PROMJERU ZNAČAJKE „RUPA“
  - *U slijedećim koracima se koristi iteracija kao što je napravljeno u značajci „RUPA“*
  - *Traži se promjer na kojem je volumen 3DM sa aktivnom značajkom „PROMJER“ jednak nuli, što znači da je promjer kružnice značajke „PROMJER“ opisana kružnica najvećeg profila 3DM*
- POČETNI MJERITELJSKI VOLUMEN SE PROIZVOLJNO ODABERE
  - *Preporuka je 100 mm*
  - *Ukoliko volumen ne postoji potrebno je smanjiti promjer u slijedećem koraku*
  - *Ukoliko volumen postoji i dalje potrebno je povećati promjer u slijedećem koraku*

Obzirom na preciznost PTC/CREO, vrijedi sve isto kao što je riješeno značajkom „RUPA“.

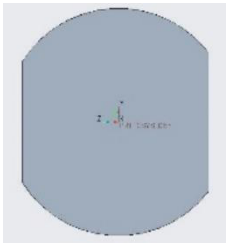
Mišljenja sam da je ovaj drugi pristup bolji, iz razloga što je u ovom slučaju značajka „PROMJER“ nezavisna.
Moguće je da bi povezivanje vanjskog i unutarnjeg promjera (značajki „RUPA“ i „PROMJER“) smanjilo potreban broj mjeriteljskih koraka, ali mislim da je to sa stajališta uštede vremena zanemarivo u odnosu na neovisnost mjerenja.
Naime, ukoliko se iz bilo kojeg razloga dogodi greška u mjerenju prolazne rupe, to može utjecati na npr. nemogućnost mjerenja vanjskog promjera.
Dodatna je prednost što redoslijed značajki nije važan u slučaju kada one nisu međusobno zavisne.

Ovim načinom mjerenja ne definira se oblik izratka, nego samo opisana kružnica maksimalnog poprečnog profila izratka (To nužno ne znači da je to ujedno i maksimalni poprečni presjek izratka).
Ograničenja modeliranja u 3DS za potrebe definiranja oblika izratka u OTP metodi, svode se samo na uobičajene preporuke za orijentaciju elemenata 3DM:

- PRAVOKUTNI ELEMENTI 3DM
  - *Stranice kvadrata ili pravokutnika su paralene sa osi Y i Z*
- NEPOTPUNI OKRUGLI OBLICI
  - *Bridovi koji „sijeku“ kružnicu su paralelni sa osi Y ili Z*
  - *Radi se zapravo o okruglom obliku bez jednog ili dva svoja kružna odsječka*
- PRAVILNI N-KUTNICI
  - *Barem jedna stranica bi trebala biti paralelna ili sa osi Y ili sa osi Z*
  - *Za šesterokut, kao značajan OTP oblik, dvije stranice trebaju biti paralelne sa osi X ili Y*

Volumen cilindra (ili površina opisane kružnice) veći je od ostalih OTP značajnih vanjskih oblika, odnosno unutar opisane kružnice mogu se nalaziti svi navedeni značajni vanjski oblici izratka.
Na temelju ove činjenice, moguće je odrediti vrstu vanjskog oblika izratka, a za OTP metodu značajni su slijedeći vanjski oblici izratka:

- OKRUGLI
  - *Puni krug*
  - *Polazni materijal u pravilu je okrugla šipka*
  - *Za slučaj „kratkih" komada u kojima je izmjera po osi X značajno manja u odnosu na izmjere po osi Y i Z, mogući polazni materijal je i ploča.*
  - *Ploča je mogući polazni materijal i za izratke čiji je vanjski promjer veći od cca 650 mm, iz razloga što šipke većih promjera nisu standardno dobavljive.*
- NEPOTPUNO OKRUGLI



  - *Nepotpuni krug*
  - *Osnova je kružnica, ali sa odrezanim jednim, dva, ili tri brida, paralelno sa osi Y ili Z*
  - *Bridovi mogu, i ne moraju biti iste dužine*
  - *Oblik polaznog materijala zavisi o izmjerama*
  - *Obzirom na broj „odrezanih" bridova, mogu se nepotpuni okrugli oblici još i dodatno podijeliti na podvrste.*
  - *Uobičajeno je polazni materijal okrugla šipka, a za izrazito veliki odnos promjera i „širine" ili „visine" izratka može biti i plosnata šipka.*
  - *Pločasti polazni materijal može biti kao i kod drugih oblika izradaka u slučaju kada je X značajno manji od Y i , ili Z izmjere, odnosno kada X nije veći od cca 50 mm, što je uobičajeno dobavljiva debljina limova. Ukoliko se radi o limovima od konstrukcijskog čelika standardno dobavljiva debljina lima moguća je i veća, ali uobičajeno ne preko 150 mm.*
- PRAVOKUTNI
  - *Pravilni četverokut*
  - *Kut između stranica je 90˚ (360/4)*
  - *Može imati iste ili različite stranice*
  - *Polazni materijal bi bio kvadratna ili plosnata šipka*
- ŠESTEROKUTNI
  - *Pravilni šesterokut*
  - *Broj stranica je 6, a kut između stranica je 60˚*
  - *Polazni materijal bi bio šesterokut (OK)*

Ostali pravilni n-kutnici nisu česti u praksi, a nisu ni uobičajeno dostupni standardni poluproizvodi, pa nisu obuhvaćeni ovim istraživanjem.

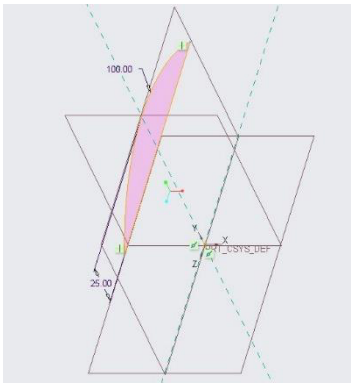
Općenito su mogući i drugi oblici koji se uglavnom vežu uz oblik standardnih poluproizvoda. Prvenstveno su to profili (L; C; Z;…), te nosači (IPE; INP; U;…). Profili i nosači nisu obuhvaćeni ovim istraživanjem.

Za OTP metodu potrebno je definirati stvarni oblik izratka i njegove karakteristične izmjere.

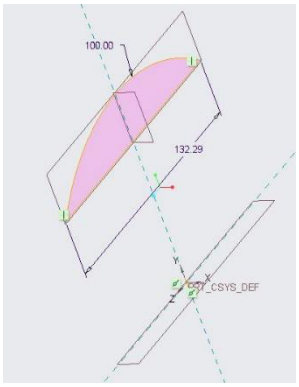
Za pojedine vrste vanjskih oblika moguće su različite mjeriteljske značajke (geometrijski oblici skice na kojoj se temelji EXTRUDE/CUT značajka), ali se kao univerzalna može iskoristiti značajka temeljena na kružnom odsječku. Ovu dodatnu značajku 3DM moglo bi se nazvati **„ ODSJECAK",** što ukazuje na to da se radi o mjernom alatu za kružne odsječke.

Skica se definira na temelju promjera kružnice koja je izmjerena značajkom „PROMJER“ (D_{VO}), i koja je za isti 3DM uvijek jednaka za sva mjerenja vanjskog oblika.
Promjer opisane kružnice (dobiven značajkom „PROMJER“, ujedno je i promjer kružnice dodatne značajke „ODSJECAK“ (D_{VO}).

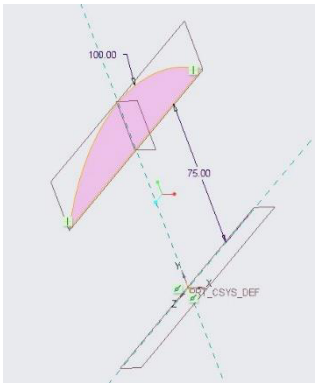
Za potpuno definiranje skice, uz promjer kružnice potrebna je još samo jedna mjera, a ona može biti ili visina odsječka, ili duljina tetive, ili udaljenost tetive do središta kružnice:



B_O- visina luka



L_O – duljina tetive



H_O – odstojanje od centra

Moguće su različite varijante primjene kružnog odsječka, a zajedničko im je da je promjer (D_{VO}) konstantan, a da se površina kružnog odsječka u iteraciji mijenja promjenom samo jedne kote.
Ovo čini primjenu kružnog odsječka vrlo jednostavnom, glede usporedbe trenutnog volumena (kada je značajka „ODSJECAK“ aktivna) sa stvarnim volumenom 3DM, kada ni jedna dodatna – mjeriteljska značajka nije aktivna).

Općenito vrijedi pretpostavka da ukoliko postoji promjena volumena uslijed aktivacije značajke „ODSJECAK“ radi se o okruglom obliku 3DM, pa je i promjer kružnice izmjeren značajkom „PROMJER“ ujedno i vanjski promjer izratka. (D_P=D_V)

Međutim, ako se ne radi o okruglom obliku, da bi se utvrdila vrsta oblika, potrebno je 3DM model analizirat iz više smjerova, barem sa 4 strane.
Tehnološki gledano to su gornja, donja, lijeva i desna strana, a u 3DS to su kvadranti ravnine YZ, određeni predznakom po osima Y i Z. Gornja strana je Z+; donja Z-; lijeva Y-, a desna Y+.

Potrebno je, dakle provjeriti četiri strane 3DM značajkom „ODSJECAK“. I to uvijek istom početnom skicom kružnog odsječka. Mijenja se samo položaj i orijentacija skice u ravnini YZ.

Potrebna 4 mjerenja moguće je dobiti ili:

- *zakretanjem skice za 90˚oko osi X*
- *izradom skice koja se sastoji od 4 kružna odsječka,*
- *modeliranjem 4 različite značajke npr. „ODSJECAK_Y+“; „ODSJECAK_Y-„; „ODSJECAK_Z+“; „ODSJECAK_Z-„.*

Način mjerenja daje izravni ili neizravni rezultat, odnosno podatak o vrsti oblika i njegovoj karakterističnoj izmjeri na promatranoj strani 3DM. Potrebno je voditi računa da se radi o polovici karakteristične izmjere, budući se analizira sa obje strane izratka.

U slučaju da se umjesto visine luka (B_O) koristi duljina podnožja luka (duljina tetive – L_O) sama izmjerena vrijednost ujedno je i karakteristična izmjera duljine brida na promatranoj strani 3DM.
Ako se koristi udaljenost tetive do središta, izmjerena vrijednost se odnosi na duljinu brida od centra na okomitoj strani od one koja se promatra.
Npr. ako se promatra gornji odsječak i on je udaljen 30 mm od centra, a potom se promatra učinak donjeg odsječka i on izmjeri udaljenost od 20 mm od centra, to znači da je ukupna visina oblika 50 mm. Ujedno to govori i da stranice izratka nisu jednako udaljen u odnosu na os X. Ali visina je 50 mm, što je podatak za izbor polaznog materijala.

Važno je da se 3DM „pregleda“ sa 4 strane, a temelj za odluku postupka mjerenja se donosi na temelju jednostavnosti programiranja postupka mjerenja. To je programerska odluka.

Mislim da je optimalno kotirati visinu luka (B_O), a izmjere pojedinih stranica odrediti na temelju promjera opisane kružnice i izmjerene visine luka, gdje vrijedi:

$$Y = Y_+ + Y_-$$
$$Y_+ = D_{VO} - B_{O_{Y+}}$$
$$Y_- = D_{VO} - B_{O_{Y-}}$$

Odnosno,

$$Z = Z_+ + Z_-$$
$$Z_+ = D_{VO} - B_{O_{Z+}}$$
$$Z_- = D_{VO} - B_{O_{Z-}}$$

Za simetrične slučajeve vrijedilo bi:
$Y = D_{VO} - 2 \times B_{O_Y}$; $Z = D_{VO} - 2 \times B_{O_Z}$
No, to nije univerzalno iskoristivo budući se ne zna unaprijed da li je izradak glede vanjskog oblika simetričan.

Sam postupak mjerenja moguće je provesti kroz nekoliko cjelina:

- MODELIRANJE MJERITELJSKOG KRUŽNOG ODSJEČKA
  - CENTAR LUKA JE U CENTRU OPISANE KRUŽNICE
    - *Ravnina skiciranja RIGHT (YZ)*
    - *EXTRUDE/CUT*
    - *Alat za skiciranje ARC/Center and Ends*
    - *Centara kružnice u centru opisane kružnice*
    - *Promjer kružnice jednak promjeru opisane kružnice izmjeren značajkom „PROMJER“*
    - *Krajnje točke luka na jednakoj udaljenosti po osi Y ili Z*
    - *Spajanje krajnjih točaka sa alatom Line*
    - *Postavljanje visine luka na vrijednost B_O=0, ili duljina tetive L_O=0, ili udaljenost od centra H_O=DOK/2 (Početna udaljenost jednaka je radijusu opisane kružnice.*
  - POČETNA VISINA LUKA (B_O)
    - *Početna visina luka b_O=0 mm*
    - *Prva iteracija je b_O=1mm*

POKRETANJE ZNAČAJKE „ODSECAK“

- PREGLEDATI SVE ČETIRI STRANE IZRATKA
  - *Na jedan od odabranih načina*
  - *Utvrditi za svaku stranu izratka duljinu brida (pravca) na kojoj dolazi do promjene volumena*
  - *Promjena volumena je razlika volumena MASS_PROP_1 i MASS_PROP_ODSJECAK*
    MASS_PROP_1 =const. (stvarni volumen izratka)
    MASS-PROP_ODSJECAK (trenutni volumen 3DM u kojem je značajka „ODSJEČAK“ aktivna – neki korak u promatranju neke od četiri strane 3DM)
  - *Ako nema promjene volumena, promatrana strana 3DM je okruglog oblika*
  - *Ako ima promjene volumena (volumen tijela se smanjio) nastavlja se mjeriteljski postupak*
  - *Utvrđivanje na isti način kao kod već provjerene značajke „RUPA“*
  - *Izmjerene vrijednosti u daljnjem računskom postupku se smatraju apsolutnim vrijednostima (bez obzira na predznak, npr. -10 +20 u ovom slučaju je ukupna duljina 30 mm)*
- ZAPAMTITI PODATKE ZA SVAKU STRANU 3DM

KRITERIJI ZA ZAKLJUČIVANJE O VRSTI VANJSKOG OBLIKA

- OKRUGLI PUNI OBLIK
  - ***Samo u slučaju kada postoji razlike volumena pri svakom od 4 mjerenja***
  - *Promjer oblika* $D_V=D_{VO}$
- NEPOTPUNI OKRUGLI OBLIK
  - ***Samo u slučaju kada ne postoji razlika volumena u sva 4 mjerenja***
  - *Promjer oblika* $D_V=D_{VO}$
  - *Broj „odrezanih strana“* N_{os}*=broj strana kod kojih postoji razlika volumena*
  - *Visina profila* V_Z *=Izmjerena vrijednost po osi Z* $(Z_+ + Z_-)$
  - *Širina profila* B_Y*=Izmjerena vrijednost po osi Y* $(Y_+ + Y_-)$
  - *Ne mogu istodobno biti vrijednosti za visinu i širinu (jedna je definirana promjerom)*
- KVADRAT
  - ***Kada postoji razlika volumena u sva 4 mjerenja i za svako je ista duljina tetive luka***
  - *Kada je svaka stranica jednako udaljena od centra opisane kružnice*
  - *Kada je razlika duljine stranice od središta jednaka nuli* (Y_+-Y_-=0; Z_+-Z_-=0)
  - *Duljina stranice* $a = \frac{D_{VO}}{\sqrt{2}}$
- PRAVOKUTNIK
  - ***Kada postoji razlika volumena u sva 4 mjerenja, a stranice su različite po osima Y i Z***
  - ***Kada su paralelne stranice jednake duljine***
  - ***Kada vrijedi jednadžba*** $\boldsymbol{D_{VO} = \sqrt{a^2 + b^2}}$
  - *Visina pravokutnika* $a= Z_+ + Z_-$
  - *Širina pravokutnika* $b=Y_+ + Y_-$
- ŠESTEROKUT
  - ***Kada postoji razlika volumena u dvije paralelne strane, a ne postoji razlika volumena kod njima okomitih stranica***
  - ***Kada je duljina brida (duljina tetive) kod kojeg ne postoji razlika volumena jednaka polovici promjera opisane kružnice (*** L_O***=0,5 x*** D_{VO}***)***
  - ***Kada je razmak paralelnih stranica kod kojih ne postoji promjena volumena jednaka izrazu 1,732 x*** L_O
  - *Kada je širina profila jednaka nekoj od standardnih OK mjera šesterokutnih šipki*
  - *Širina profila* $OK = 1{,}732 \times L_O$
  - *Visina profila* $H = D_{VO}$ *(maksimalna mjera vrhova šesterokuta)*

3. Unutarnji oblici

Osnovni podatak o unutarnjem obliku izratka je onaj koji ukazuje na razliku između punog oblika i cjevastog oblika.
Značajkom „RUPA“ omogućeno je razlikovanje punih od cjevastih komada, te je čak ostvarena i mjerna funkcija, tako da se može točno (sa preciznošću od 0,1 mm) odrediti promjer unutarnje prolazne rupe.
Međutim, cjevasti izradci mogu imati prolaznu rupu, preciznije otvor, različitih oblika, koji nisu definirani samo kružnicom.

Za OTP metodu značajni su slijedeći unutarnji oblici izratka s:

- OKRUGLOM RUPOM
  - *Oblik je u potpunosti definiran promjerom rupe*
  - *To je riješeno značajkom „RUPA“*
- PRAVOKUTNIM OTVOROM
  - *Oblik je u potpunosti definiran veličinom dviju stranicama pravokutnika (a; b)*
  - *Podrazumijevajući uvjet je da su stranice a i b međusobno okomite*
  - *Svaki pravokutnik ima po dvije međusobno paralelne stranice a i b*
  - *Kutovi između stranica su jednaki i iznose 90˚*
  - *Vrijedi uvjet a≠b*
- KVADRATNIM OTVOROM
  - *Posebni slučaj pravokutne rupe u kojem je oblik u potpunosti definiran jednom stranicom pravokutnika (a)*
  - *Vrijedi uvjet a=b*

Za OTP metodu su interesantni još i oblici okrugle rupe sa jednim ili dva utora (za klinove), ili okrugle rupe sa zupčastim profilima, jer su to česti slučajevi u stvarnim strojnim dijelovima.
Za napomenuti je da su utori za klinove standardizirani obzirom na promjer rupe, pa bi se mogao pronaći algoritam za „prepoznavanje“ tih unutarnjih oblika, ali to nije obuhvaćeno ovim istraživanjem.

Dakle, za OTP metodu, postoje tri moguća unutarnja oblika izratka, koji se definiraju na slijedeći način:

- TIP UNUTARNJEG OBLIKA
  - *1 – okrugla rupa*
  - *4 – kvadratna rupa*
  - *5 – pravokutna rupa*
- KARAKTERISTIČNA IZMJERA TIPA UNUTARNJEG OBLIKA
  - *Za 1: promjer rupe (Du=ϕ)*
  - *Za 4: duljina stranice kvadrata (a)*
  - *Za 5: duljina dviju stranica kvadrata (a; b)*

Izbor oznaka za pravokutnu rupu je zbog asocijativnosti (kvadrat ima četiri stranice, a 5 bi asociralo da nisu sve stranice jednake). Ovo ujedno otvara i mogućnost da se u budućim istraživanjima oznakom 2 definira okrugla rupa sa utorom za klin, a oznakom 3 unutarnje ozubljenje). Slijedom logike oznaka 6 odnosila bi se na šesterokutne oblike (to je uglavnom značajno kod vanjskih oblika izratka).

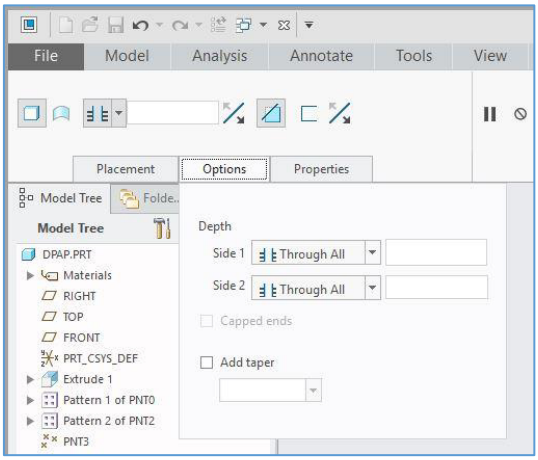
Budući je potrebno samo razlučiti radi li se o okrugloj ili pravokutnoj cijevi, moguća je jednostavnija klasifikacija i kvantifikacija (mjerenje) u odnosu na vanjske oblike.

Mjerenje bi se temeljilo na principu značajke „RUPA“, samo bi se umjesto okrugle rupe kao dodatna značajka 3DM koristila EXTRUDE/CUT/RECTANGLE/Centar Rectangle u centru koordinatnog sustava (X=0; Y=0; Z=0) s time da se pravokutnik smješta u ravninu YX.

Za razliku od vanjskog oblika utvrđeni promjer značajkom „RUPA“ (d_R) nije opisana, već je to upisana kružnica otvora. To znači da je nije moguće da se radi o pravokutnom otvoru čije stranice bi bile manje od izmjerenog promjera.
Ukoliko su obje stranice jednake izmjerenom promjeru značajkom „RUPA“ d_R, radi se o kvadratnom otvoru gdje je a= d_R, ali je moguće i da jedna stranica otvora bude i veća od d_R. U tom slučaju se radi o pravokutnom otvoru, kod kojeg je manja stranica jednaka promjeru d_R, a veću stranicu je potrebno dodatno izmjeriti.

Za mjerenje kvadratnih otvora nameće se rješenje dodavanja značajke u 3DM pod nazivom „KVADRAT“ koja bi se kreirala alatom kao što je navedeno na vrhu ove stranice.
Za mjerenje pravokutnih otvora mogla bi se dodati nova značajka pod nazivom „PRAVOKUTNIK“, a moguće je da se oba mjerenja izvrše samo sa jednom značajkom naziva „OTVOR“.
Mišljenja sam da je dovoljno u 3D model dodati samo jednu značajku, odnosno da je značajka „OTVOR“ univerzalno rješenje.

- MODELIRANJE MJERITELJSKOG PRAVOKUTNIKA
  - CENTAR PRAVOKUTNIKA JE U CENTRU KOORDINATNOG SUSTAVA
    - *Ravnina skiciranja RIGHT (YZ)*
    - *EXTRUDE/CUT/*
    - *Alat za skiciranje Rectangle/ RECTANGLE/Centar Rectangle*
    - *Centara pravokutnika u centar koordinatnog sustava*
    - *Stranica a u smjeru osi Y (visina), stranica b u smjeru osi Z (širina)*
    - *Početne dužine obiju stranica su iste i jednake izmjerenom promjeru prolazne rupe (d_R)*
    - *Odabrati alat za izvlačenje sa opcijom prolaz kroz cijeli 3DM i to u oba smjera*



POKRETANJE ZNAČAJKE „PRAVOKUTNIK“

KLASIFIKACIJA IZMEĐU OKRUGLE RUPE I PRAVOKUTNOG OTVORA

- *Ukoliko aktivacijom značajke „PRAVOKUTNIK“ ima promjene volumena, znači da se radi o okrugloj rupi, pa nema potrebe za daljnjim mjerenjem otvora ($d_U=d_R$)*
- *Ukoliko aktivacijom značajke „PRAVOKUTNIK“ dolazi do promjene volumena (smanji se trenutni volumen 3DM (MASS_PROP_PRAVOKUTNIK), u odnosu na stvarni volumen izratka (MASS_PROP_1) znači da se radi o ne okrugloj rupi, odnosno o „otvoru“*
- *U OTP metodi se od ne okruglih rupa definiraju samo pravokutne rupe, ali je potrebno klasificirati radi li se o kvadratnom ili pravokutnom otvoru*

KLASIFIKACIJA PO VRSTI OTVORA

- *Povećati stranicu po osi Y za 1 milimetar*
- *Ukoliko nema promjene volumena znači da je **širina** otvora (po osi Z) jednaka promjeru rupe (d_R)*
- *Širina otvora $a=d_R$*
- *Povećati stranicu po osi Z za 1 milimetar*
- *Ukoliko nema promjene volumena znači da je **visina** otvora (po osi Y) jednaka promjeru rupe (d_R)*
- *Visina otvora $b=d_R$*
- *Ako je $a=b=d_R$ znači da se radi o kvadratnoj rupi, te nije potrebno daljnje mjerenje prolaznog otvora*
- *Ako je $a\neq b$ znači da se radi o plosnatom otvoru, pa je potrebno izmjeriti stranice pravokutnog otvora.*
- *Pri mjerenju će se voditi računa da je jedna stranica jednaka promjeru kružnice d_R*

MJERENJE PROLAZNOG OTVORA

ITERACIJA PO OSI Y

- *Potrebno je provesti postupak samo ukoliko je klasificiran plosnati otvor*
- *Povećati stranicu po osi Y za 1 milimetar*
- *Ukoliko ima promjena volumena znači da je visina otvora (po osi Y) jednaka promjeru rupe (d_R)*
- *U tom slučaju je visina otvora $b=d_R$*
- ***Ujedno to znači da je otvor položene orijentacije, širi je nego viši***

- *Ukoliko nema promjene volumena znači da je **širina** otvora (po osi Z) jednaka promjeru rupe (d_R)*
- *U tom slučaju je širina otvora $a=d_R$*
- ***Ujedno to znači da je otvor uspravne orijentacije, viši je nego širi***

- *Nastavkom iteracije po uzoru na provjerenu značajku „RUPA“ samo ovaj put isključivo stranice po osi Y moguće je sa željeno točnošću od 0,1 mm utvrditi i **visinu** otvora*
- *Visina otvora b = iteracijom izmjerena vrijednost*

ITERACIJA PO OSI Z

- *Potrebno je provesti postupak samo u slučaju kada je iteracijom po osi Y utvrđeno da je otvor položene orijentacije (visina otvora $b=d_R$)*
- *Provesti iteraciju po osi Z dok se ne dođe do promjene volumena u odnosu na volumen izratka (po uzoru na značajku „RUPA“)*
- *Širina otvora a = iteracijom izmjerena vrijednost*

Sve izmjerene značajke 3D modela moguće je upisati izravno u tabelu t120btp OTP baze podataka, i to u redak U, koji je za sada slobodan.
U btp zapisu bi bili podaci:

- VANJSKI OBLIK
  - U1 – VRSTA VANJSKOG OBLIKA
    - *1-okruglo; 2-nepotpuno okruglo; 4-kvadratno; 5-pravokutno; 6-šesterokutno)*
  - U2 – PROMJER OPISANE KRUŽNICE
    - *Dv za slučaj U1=1 (D_v)*
  - U3 – DULJINA STRANICE
    - *kvadrata, ili širina pravokutnika (a_v)*
  - U4 – VISINA PRAVOKUTNE STRANICE
    - *pravokutnika (b_v)*
  - U5 – ŠIRINA ŠESTEROKUTA
    - *otvor ključa (OK)*
  - U6 – BROJ „NEODREZANIH“ STRANICA
    - *za slučaj U1=2*
- UNUTARNJI OBLIK
  - U7 – VRSTA UNUTARNJE POVRŠINE
    - *1- puno; 2- okrugla rupa; 43- kvadratna rupa; 5-pravokutna rupa*
  - U8 – PROMJER OKRUGLE RUPE D_R
    - *ili upisane kružnice) (d_R)*
  - U9 – ŠIRINA STRANICE
    - *kvadratnog otvora, ili širina pravokutnog otvora (a_u)*
  - U0 – VISINA STRANICE
    - *pravokutnog otvora (b_u)*

Polja U1 i U7 u tabeli t120btp OTP baze podataka, definiraju se na temelju izmjerenih vrijednosti koje su upisane u ostalim poljima retka U matrice u istoj tabeli. Sadržaj tih polja može poprimiti isključivo vrijednosti od 1 do 9, a koji istovremeno predstavljaju i predodređene OTP vanjske oblike izratka.

Ukoliko se istovremeno analizira i vanjski i unutarnji oblik izratka, i to uvijek maksimalni vanjski i minimalni unutarnji, moguće je utvrditi oblik profila izratka i debljinu stjenke.
Debljina stjenke utvrđuje se računskim ovisno o obliku profila:

- $s = d_V - d_R$ ZA OKRUGLE CIJEVI
- $s = \frac{a_v - a_u}{2}$ ZA KVADRATNE CIJEVI
- $s = \frac{a_v - a_u}{2} = \frac{b_v - b_u}{2}$ ZA PRAVOKUTNE CIJEVI
- $s = \frac{OK - d_R}{2}$ ZA ŠESTEROKUTNE CIJEVI

Za napomenuti je da utvrđeni podatak na temelju ove metode ne bi bio egzaktan, budući ne moraju biti na istom presjeku maksimalni vanjski i minimalni unutarnji oblik. Podatak može poslužiti za analizu, uz uvažavanje mogućnosti da se ne radi ni o maksimalnoj, ni o minimalnoj debljini stjenke.
Minimalna debljina stjenke se utvrđuje posebnim postupkom, pa se rezultati mogu usporediti.

Općenito se u OTP metodi vanjski oblici mogu označiti brojem 2, a unutarnji brojem 3, pa bi se mogle koristiti slijedeće oznake za potpuni opis oblika na koji se odnose:

- 21 – OKRUGLA ŠIPKA
  - *puno – bez rupe* ϕ
- 22 – VANJSKI NAVOJ
  - *Navojna površina na okrugloj šipki* *M*
- 23 – NEPOTPUNO OKRUGLA ŠIPKA
  - *Ozubljeni profil* *ϕ, i broj „odrezanih površina“*
- 24 – KVADRATNA ŠIPKA
  - *Puni kvadratni profil (bez rupe)* $a=b$
- 25 – PLOSNATA ŠIPKA
  - *Puna pravokutna šipka (bez rupe)* $a \neq b$
- 26 – ŠESTEROKUTNA ŠIPKA
  - *Šesterokutni puni oblik (bez rupe)* *OK*

- 31 – OKRUGLA CIJEV
  - *Okrugli vanjski i unutarnji oblik* ϕ *x s* *(s = debljina stjenke)*
- 32 – OKRUGLA RUPA SA UTOROM ZA KLIN
  - *Nazivni promjer; širina i dubina utora; broj utora*
- 33 – UNUTARNJE OZUBLJENJE
  - *Nazivni promjer; modul i broj zubi*
- 34 – KVADRATNA CIJEV
  - *Kvadratni vanjski i unutarnji oblik* $(a_v; a_u)$
  - *Mjere se mogu izraziti i duljinom vanjske stranice (a_v) i duljinom unutarnje stranice (a_u)*
  - *Međusobni odnos duljina i debljine stjenke:* $s = \frac{a_v - a_u}{2}$
- 35 – PLOSNATA CIJEV
  - *Pravokutni vanjski i unutarnji oblik* $a \neq b$ $(a_v \, x \, b_v; \; a_u \, x \, b_u)$
  - *Odnosi vrijede kao i kod kvadrata, samo za svaku stranicu posebno*
- 36 – ŠESTEROKUTNA CIJEV
  - *Šesterokutni vanjski oblik sa unutarnjom okruglom rupom* *OK / ϕ*
  - *Polazni materijali – rjeđi slučaj, prvenstveno za Cu legure.*

Zaključno:
Opisani postupak mogao bi se koristiti za dohvat različitih tehnološki važnih značajki 3DM.
Navedena metoda iziskuje dodavanje značajki u 3DM, što u svakom slučaju iziskuje dodatno vrijeme modeliranja, a povećava i broj elemenata u hijerarhijskom stablu modela Da bi se svaka od značajki mogla izvršiti automatizirano, čime bi se olakšalo modeliranje, potrebno je u samoj BTP aplikaciji dodati značajnu količinu koda. To znači da bi BTP aplikacija bila značajno složenija, odnosno da bi bilo potrebno puno više „programiranja“. Ali je moguće.

PRILOG D

ZAMISAO PRIMJENE METODE PROJICIRANIH ZRAKA U OTP METODI

Sadržaj

1. Projiciranje zraka na 3DM 2
2. Područje mjerenja 9
3. Način mjerenja 10
4. Alati za mjerenje 11
5. Algoritam mjerenja 12
6. Potrebni rezultati mjerenja 13
7. Radijalni set zraka 16
8. Sažetak metode projiciranja radijalnog seta podataka na 3DM 17

1. Projiciranje zraka na 3DM

Za potrebe definiranja oblika i mjera 3DM već postoji dodatni univerzalni alat koji koristi metodu projiciranih zraka na model.
Ovom metodom zraka se projicira iz točno određene točke u određenom smjeru (XYZ), a geometrija koja je pogođena zrakom vraća se kao rezultat mjerenja.
Metoda presijeca samo 3D geometriju i zahtijeva 3DM kao ulaz, a to je upravo pogodno za BTP aplikaciju, odnosno OTP metodu koja se temelji na 3DM.
Pri tome 3DM ne mora nužno biti cjelovit, već je moguća primjena i za presječene modele kako bi se mogli pronaći i unutarnji oblici.

Da bi se metoda mogla primijeniti za potrebe „.btp“ potrebno je bilo definirati podatke koji se žele dohvatiti, te na temelju toga razviti algoritam za njihovo dohvaćanje korištenjem metode projiciranja zraka na model.
Podaci koji ranijim algoritmima još nisu u potpunosti dohvaćeni odnose se prvenstveno na tehnološke značajke vezane uz oblik izratka, odnosno potrebni podaci za kodiranje kodnih mjesta K2; K3; K4 i K5 u OTP kodu izratka.
Kodna mjesta i njihovi elementi, kodne znamenke pojedinog kodnog mjesta, prikazani su na slici u nastavku.

K2 - VANJSKI OBLIK								
PLOČASTI	ROTACIJSKI	ŠESTEROKUTNI	PRIZMATIČNI	KOMBINIRANI	PROFILNI	PROSTORNI	LIMENI	OSTALO
1	2	3	4	5	6	7	8	9

K3 - UNUTARNJI OBLIK									
PUNO	PROLAZNI OTVOR	PROLAZNA RUPA	PROLAZNE RUPE	PROLAZNI UTOR	PROLAZNO OŽLIJEBLJENJE	SLIJEPA RUPA	SLIJEPE RUPE	SLIJEPI UTOR	SLIJEPO OŽLIJEBLJENJE
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

K4 - UZDUŽNI OBLIK									
BEZ UZDUŽNIH	RUPIČASTI	PROFILNI	OZUBLJENI	RUPIČASTI I PROFILNI	RUPIČASTI I OZUBLJENI	PROFILNI I OZUBLJENI	SVE TRI ZNAČAJKE	IZREZ	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

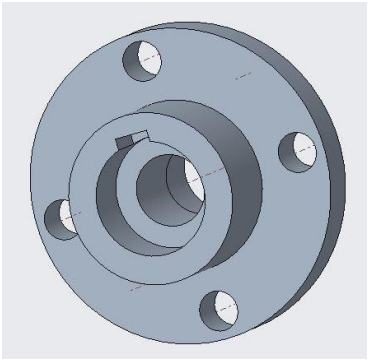
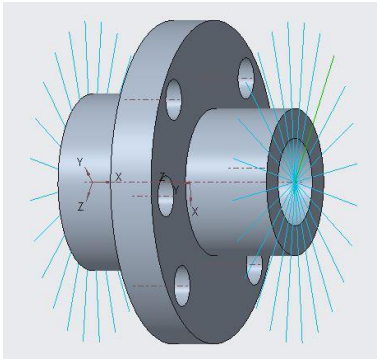
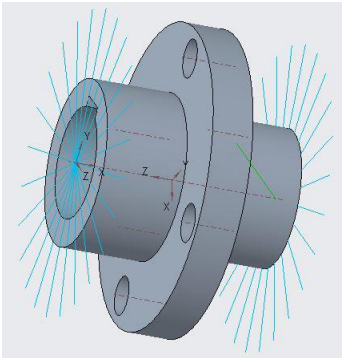
K5 - POPREČNI OBLIK									
BEZ POPREČNIH	RUPIČASTI	PROFILNI	OZUBLJENI	RUPIČASTI I PROFILNI	RUPIČASTI I OZUBLJENI	PROFILNI I OZUBLJENI	SVE TRI ZNAČAJKE	NEDEFINIRANE	OSTALE POPREČNE
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Za očekivati je da bi se korištenjem posebne aplikacije, odnosno „projiciranjem zraka“, mogli definirati i izmjeriti svi navedeni vanjski i unutarnji oblici, čime bi se iz modela mogle ukloniti dodatne značajke za mjerenje oblika.

U ovoj fazi istraživanja, budući je metoda sa dodatnim značajkama jednoznačno provjerena, može ostati određivanje oblika na temelju dodatnih značajki.
Štoviše, izmjereni podaci o promjeru upisane (rezultat dodatne značajke „RUPA“) i opisane kružnice (rezultat dodatne značajke „PROMJER“) mogli bi poslužiti kao ulazni podaci za metodu „projiciranih zraka“.

Kao dodatna provjera značajke „RUPA“ može se napraviti algoritam za klasifikaciju (postojanje) unutarnje rupe u 3DM i metodom projicirane zrake.
Ishodište projicirane zrake bi bilo na krajnjem lijevom čelu 3DM (ravnina YZ), i to na osi X. Koordinate X=-X; Y=0; Z=0. Pri čemu oznaka -X podrazumijeva krajnju lijevu točku od težišta izratka u smjeru osi X.
Ukoliko zraka ne naiđe na „prepreku“ znači da se radi o cjevastom (šupljem) izratku, a u suprotnom se radi o punom izratku.
U cilju izbjegavanja potrebe za definiranjem koordinate X početne točke zrake, moguće je koristiti projiciranje zrake u oba smjera, odnosno korištenje dviju zraka čije ishodište je u istoj točci u prostoru, a smjer im je suprotan.

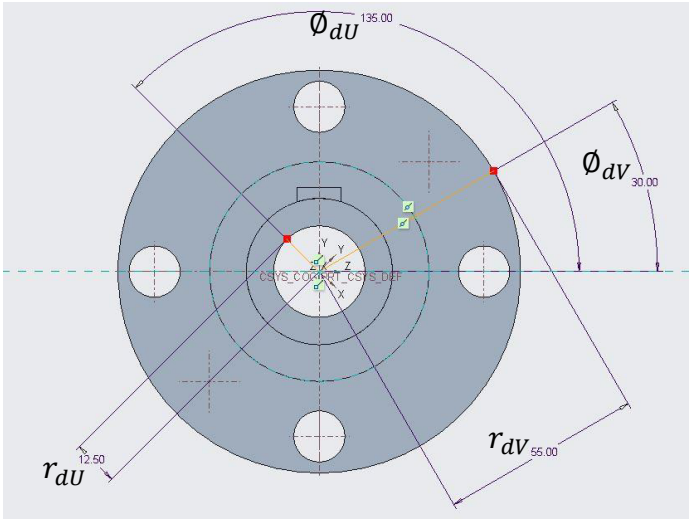
Osnovna zamisao primjene metode projiciranih zraka za utvrđivanje geometrijskih oblika i mjera temelji se na projiciranju više zraka koje su uvijek paralelne sa osi okomitom na ravninu u kojoj se želi utvrditi oblik 3DM.

3DM zrake se projiciraju iz točaka na pravcima

Na slici gore desno, prikazani su pravci na kojima leže točke iz kojih se projiciraju zrake, a ne same zrake. Zrake bi bile paralelne sa prikazanom osi X na slikama gore.

Početna točka za svaku zraku iz mjeriteljskog snopa definira se kutom i polumjerom, dakle polarnom koordinatom, kao što je to prikazana na slici dolje.



Budući svi pravci proizlaze iz centra ravnine (Y=0; Y=0), na temelju kuta pod kojim se nalazi pravac u odnosu na koordinatni sustav, te na temelju udaljenosti točke na pravcu od centra ravnine, jednoznačno je moguće odrediti položaj točke iz koje kreće zraka u koordinatnom sustavu promatrane ravnine.

Udaljenost paralelna sa osi Y:

$$Y_i = \sin \varphi_i \times r_i$$

Udaljenost paralelna sa osi Z:

$$Z_i = \cos \varphi_i \times r_i$$

Udaljenost od čela (ravnine) u kojoj leže pravci na kojima su početne točke zrake je zavisna varijabla. Ovisi o sudaru projicirane zrake sa „preprekom“ na 3DM.

Ova udaljenost je paralelna sa osi X, pa se može odrediti i treća koordinata promatrane točke na modelu:

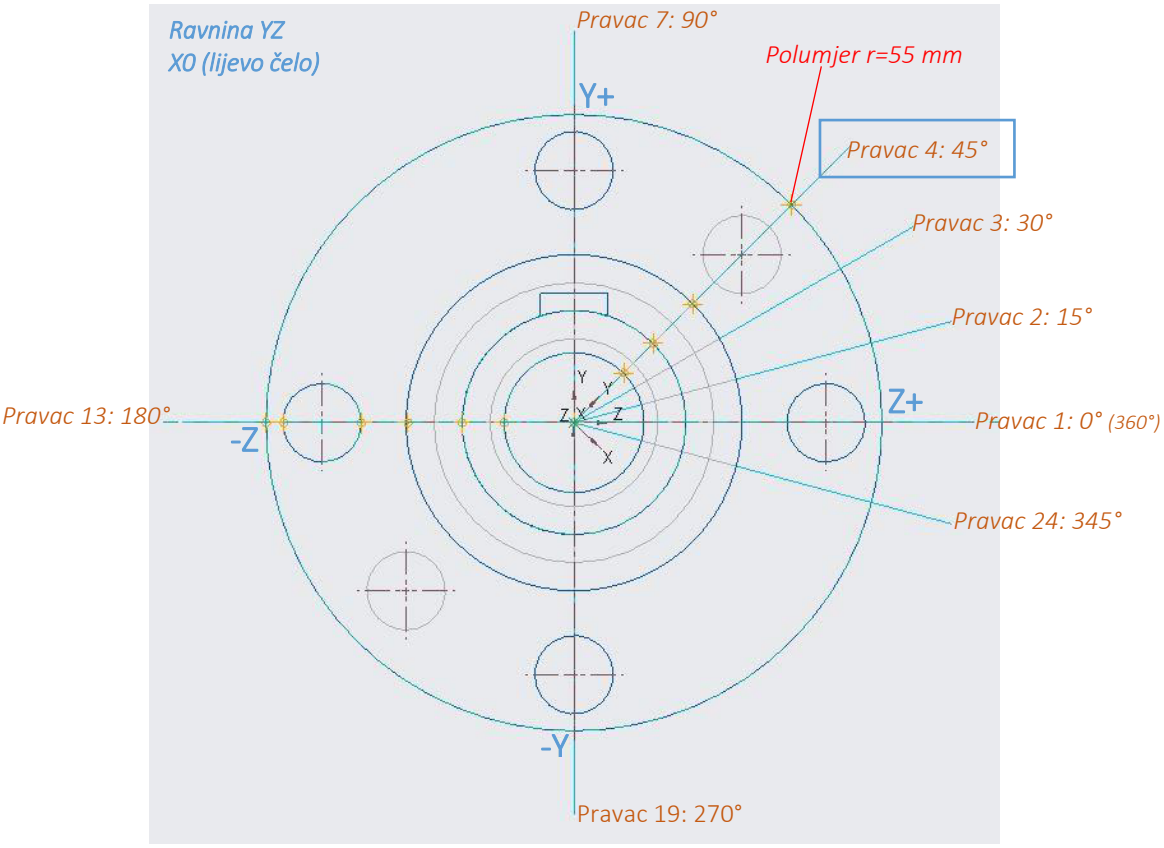
$$X_i = L\ (izmjereno)$$

Teorijski je moguće postaviti polazište zrake na bilo koje mjesto na modelu (ili izvan njega), a i samu zraku usmjeriti u bilo kojem smjeru u prostoru.
Za praktičnu primjenu mjerenja geometrije projiciranjem zrake, u OTP metodi je ipak potreban ograničen broj mjernih zraka.
Obzirom na cilj mjerenja, moguće je definirati snop projekcijskih zraka na sustavan način, i to kroz pet osnovnih elemenata.

- RAVNINA
  - *Ravnina u kojoj se želi mjeriti geometrija 3DM*
  - *Moguće je odabrati bilo koju od tri osnovne ravnine,*
  - ***za OTP metodu u pravilu koristi ravnina YZ***
  - *u slučaju korištenja i drugih ravnina, prvo mjerenje je u OTP metodi uvijek okomito na ravninu YZ, odnosno zrake su usmjerene paralelno sa X osi*
- POLOŽAJ RAVNINE
  - *Udaljenost ravnine od centra koordinatnog sustava po osi okomitoj na samu ravninu*
  - *Ravnina u kojoj se želi mjeriti geometrija 3DM na točno određenom mjestu po okomitoj osi na*
  - *Moguće je „postaviti" ravninu na bilo kojoj udaljenosti od centra koordinatnog sustava*
  - ***Za OTP metodu se u pravilu prva mjeriteljska ravnina postavlja na lijevo čelo izratka (X=0)***
  - *Za OTP metodu se u pravilu koriste maksimalne udaljenosti izratka*
  - *Uobičajeno se koriste dvije krajnje ravnine, krajnja čela izratka po okomitoj osi na ravninu (lijeva i desna strana)*
  - *Za definiranje vanjskog i unutarnjeg oblika dovoljno je samo jedno čelo, ali se sa obostranim „snopom zraka" mogu utvrditi i dodatne uzdužne značajke 3DM*
- PRAVAC
  - *U cilju postizanja „optimalnog rastera" koriste se pravci koji leže u odabranoj ravnini*
  - *Moguće je napraviti bilo koji razmještaj pravaca*
  - ***Za OTP metodu ishodište pravaca je uvijek u centru ravnine (Y=0; Z=0)***
  - *Iz ovog proizlazi da kut 0° u desnom kvadrantu ravnine YZ, i to paralelan sa osi Z*
  - *Svaki pravac zakrenut je za određeni kut obzirom na os Z (φ_i)*
  - ***U OTP metodi su u pravilu kutovi između pravaca jednaki (jednoliki raster)***
  - *Veličina kuta definira i broj pravaca ($n_P = \frac{360°}{\Delta_{\varphi_i}}$)*
- POLUMJER
  - *U cilju postizanja „optimalne rezolucije" koristi se niz točaka koje leže na odabranim pravcima*
  - *Odabrana točka na pravcu ujedno predstavlja polumjer imaginarne kružnice, odnosno udaljenost od središta koordinatnog sustava*
  - *Moguće je definirati bilo koji broj polumjera na istom pravcu*
  - ***Za OTP metodu broj točaka na svakom pravu je u pravilu isti***
- SMJER ZRAKE
  - *Prostorna usmjerenost zrake iz polazne točke*
  - *Moguće je iz iste točke projicirati zraku u bilo kojem smjeru*
  - ***U OTP metodi se iz jedne točke, u pravilu, zrake projiciraju samo u jednom smjeru***
  - *U OTP metodi se zrake projiciraju okomito na ravninu, i to u smjeru prema unutra (u komad). Npr. iz točaka na pravcima koji leže na lijevom čelu zrake se usmjeruju u desno (od -X prema X+)*

Svaka zraka u snopu ulazno je definirana sa 5 podataka:

YZ_ X0 _45°_55_+

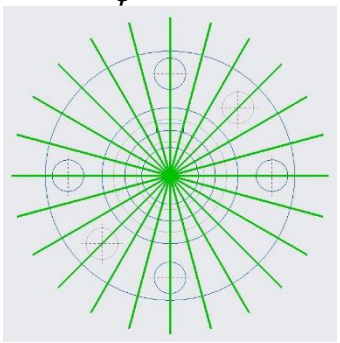


Da bi se metoda u BTP aplikaciji mogla automatizirati potrebno je standardizirati određivanje početnih točaka snopa zraka.
Očigledno je da je za pokrivenost modela potrebno definirati pravce i polumjere:

- PRAVCI
  - KUT PRAVACA

$$\Delta_{\varphi} = 15°$$

    - *Odabire se zajednički kut između pravaca u iznosu 15°*
    - *Kutom od 15° moguće je definirati sve pravilne n-kutnike čiji zajednički kut je višekratnik broja 15, pa prema tome i za OTP metodu najzanimljivije oblike, a to su pravokutni i šesterokutni profili*
    - *Vidljivo je da sa udaljenošću od centra „nepokriveni" prostor postaje sve veći, ali je u praksi i promjena oblika na većim izradcima rjeđa.*
    - *U praksi je uobičajeno da npr. na prirubnicama budu izbušene rupe upravo na jednom od navedenih rastera.*



  - BROJ PRAVACA

$$n_{pravaca} = 24$$

    - *Obzirom na odabrani kut pravaca posljedično je utvrđen i broj pravaca na kojima leže početne točke zraka, a to je 24 pravca. (360°/ 15° = 24)*
    - *Svaki pravac označava se cijelim brojem, pri čemu broj 1 označava pravac čiji je kut u odnosu na vodoravnu os pripadajuće ravnine jednak 0°. (Za ravninu YZ → p1=Z).*
    - *Svaki pravac ima svoj komplementarni pravac s kojim čini kut od 180°*

- *Broj komplementarnog pravca veći je za 12 od broja osnovnog pravca.* (1-13; 4-16; 7-19;...)

POLUMJERI

- *Određuje se na temelju mjera upisane kružnice, i opisane kružnice*
- $\boldsymbol{D_R}$ **-** *Upisana kružnica je izmjerena značajkom „RUPA“*
- $\boldsymbol{D_P}$ **-** *Opisana kružnica je izmjerena značajkom „PROMJER“*

MINIMALNI POLUMJER

- $\boldsymbol{r_{min}}$ **-** *Ujedno je to i prvi (i=1) polumjer, a određuje se po jednadžbi:*

$$r_{min} = r_{i=1} = \frac{D_R}{2}$$

MAKSIMALNI POLUMJER

- $\boldsymbol{r_{max}}$ **-** *Ujedno je to i zadnji (n) polumjer, a određuje se po jednadžbi:*

$$r_{max} = r_{i=n} = \frac{D_P}{2}$$

MJERNI INTERVAL

- $\boldsymbol{I_r}$ **-** *Mjerni interval je razlika između maksimalnog i minimalnog polumjera, a računa se po jednadžbi*

$$I_r = r_1 - r_n$$

- *Mjerni interval moguće je definirati i prije samog postupka mjerenja projiciranim zrakama, na temelju jednadžbe:*

$$I_r = \frac{D_P - D_R}{2}$$

ODSTOJANJE POLUMJERA

- Δ_r *– udaljenost susjednih točaka na pravcu*
- *Moguć je različit pristup definiranju položaja točaka na pravcu iz kojih se projiciraju zrake*
- *Model utvrđivanja razmaka između točaka na pravcu treba biti unaprijed određen*

BROJ POLUMJERA

$$\boldsymbol{n_{\text{polumjera}} = f(I_r; \Delta_r)}$$

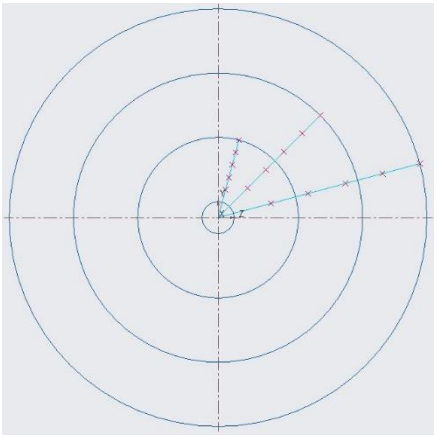
- *Broj točaka na pravcu iz kojih se projiciraju zrake ovisi o mjernom intervalu i željenoj rezoluciji mjerenja*
- *I mjerni interval i rezolucija proporcionalni su obzirom na potreban broj polumjera*
- *Preciznost i pouzdanost rezultata mjerenja obrnuto je proporcionalna sa utroškima mjerenja*

Uzimajući u obzir da se svaki dodatni polumjer na pravcu odnosi na sve pravce u promatranoj ravnini, proizlazi da se snop zraka uslijed samo jednog dodatnog polumjera povećava za 24 zrake.
Čak i ne uzimajući u obzir opciju mjerenja sa oba čela izratka (što je 48 zraka više po jednom dodatnom polumjeru), a pogotovo ne ni opcije mjerenja u više ravnina (što bi moglo rezultirati omjerom 144 zrake po točci), lako je zaključiti da je za samu metodu od iznimnog značaja odrediti optimalan broj polumjera na pravcu.
Osnovni kriteriji za izbor optimalne rezolucije, pouzdanost rezultata raste sa povećanjem snopa, dok istovremeno povećanje snopa produljuje vrijeme trajanja metode, i što je još možda i važnije eksponencijalno povećava potrebu za resursima računala. Prvenstveno u pogledu pohrane podataka.
Razlog je to da se pri optimalizaciji metode projiciranih zraka promatraju oba navedena kriterija. Potrebno je napraviti višekriterijsku analizu modela za određivanje broja polumjera na pravcu.

Kao mogući model definiranja broja polumjera nameću se tri osnovna pristupa:

KONSTANTNI BROJ POLUMJERA

UDALJENOST IZMEĐU SUSJEDNIH TOČAKA NA PRAVCU ZAVISI O VELIČINI 3DM



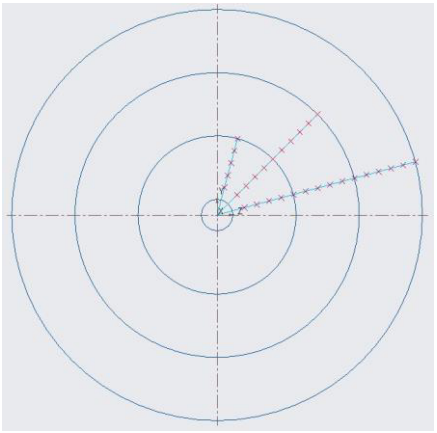
- *Uvijek isti razmak između točaka na pravcu, ali veličina razmaka ovisi o mjernom intervalu (3DM)*
- *Željeni razmak se definira u odnosu na mjerni interval, na način da je za isti 3DM razmak polumjera na pravcu uvijek isti*
- *Zadaje se konačni broj polumjera, a razmak polumjera se izračunava prema jednadžbi*

$$\Delta_r = \frac{I_r}{(n_{polumjera-1})}$$

- *Mogući nedostatak je nepouzdanost mjerenja na izradcima velikih izmjera (prevelika rezolucija mjerenja)*

KONSTANTNI RAZMAK POLUMJERA

UDALJENOST IZMEĐU SUSJEDNIH TOČAKA NA PRAVCU NE ZAVISI O VELIČINI 3DM



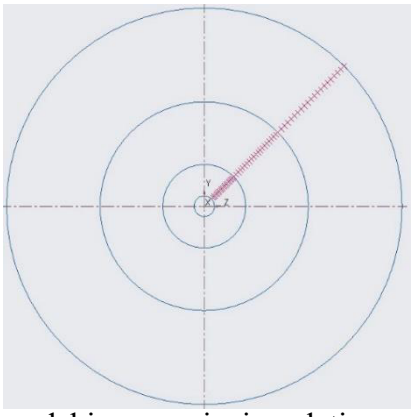
- *Uvijek isti razmak između točaka na pravcu ne ovisno o mjernom intervalu*
- *Željeni razmak se definira unaprijed* $\Delta_r = const.$
- *Broj polumjera se izračunava prema jednadžbi*

$$n_{polumjera} = \frac{I_r}{\Delta_r}$$

- *Osnovno pravilo je da nije potrebno projicirati zrake na manjem razmaku od 2 mm*
- *Smatra se da je minimalna značajna rupa na izratku barem 2 mm. Izradci sa manjim rupama nisu uobičajeni u standardnim strojnim dijelovima*
- *Mogući nedostatak je preveliki utrošak resursa pri samom mjerenju*

RELATIVNI ODNOS BROJA I RAZMAKA POLUMJERA

PODJELA MJERNOG INTERVALA NA VIŠE PODRUČJA



- *Svako područje ima konstantan broj polumjera*
- *Unutar svakog područja je konstantan razmak polumjera*
- *Mjerni interval počinje uvijek od minimalnog polumjera. To znači da je moguće da prvo mjerno područje počinje na polumjeru 100 mm (ukoliko je promjer prolazne rupe 200 mm). Prvi interval u kojem je razmak točaka minimalan u tom slučaju počinje od polumjera 100 mm. Dakle, ne gleda se apsolutna mjera polumjera, nego relativna u odnosu na minimalni promjer, kojim započinje prvo mjerno područje.*

Kao optimalno rješenje za definiranje broja polumjera odabire se princip relativnog odnosa broja i razmaka polumjera, odnosno više sekcijski pristup.

Polazni parametri za utvrđivanje broja i rasporeda točaka na pravcu, koji će se koristiti za OTP metodu u ovom istraživanju, su:

- MAKSIMALNI BROJ SEKCIJA NA JEDNOM PRAVCU =10
- MAKSIMALNI BROJ POLUMJERA U POJEDINOM PODRUČJU (SEKCIJI) = 20
  - *Proizlazi da je maksimalni broj točaka na jednom pravcu = 200*
- RAZMAK POLUMJERA JE UVIJEK CJELOBROJNA VRIJEDNOST U MILIMETRIMA
- MINIMALNI RAZMAK POLUMJERA (U POČETNOJ SEKCIJI) =1 MM
- POVEĆANJE RAZMAKA POLUMJERA U SLIJEDEĆOJ SEKCIJI =+1 MM
- MAKSIMALNI RAZMAK POLUMJERA U ZAVRŠNOJ SEKCIJI =10 MM
  - *Proizlazi da su prvih 9 sekcija u potpunosti definirane, a zadnja sekcija se ne ograničava obzirom na maksimalni polumjer*
  - *Dakle, u zadnjoj sekciji može biti i više od 20 točaka. Ali to će biti vrlo rijedak slučaj u praksi, budući se radi o promjeru opisane kružnice od minimalno 1.800 mm, a to su po OTP veličini već jako veliki (K6=7) ili čak i izuzetno veliki izradci(K6=8). U pravilu takvi izradci imaju relativno veliku upisanu kružnicu, pa je moguće da se ova sekcija odnosi i na ogromne izratke (K6=9), a da je dovoljno 20 točaka za potpuno „pokrivanje" cijelog područja.*

U donjoj tabeli prikazani su podaci o potrebnom broju zraka za različite slučajeve.

PROJICIRANJE ZRAKA	SEKCIJA									
Redni broj sekcije	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Promjer opisane kružnice	40	120	240	400	600	840	1.120	1.440	1.800	2.200
Polumjer	20	60	120	200	300	420	560	720	900	1.100
Broj točaka u sekciji	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Razmak (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
POTREBAN BROJ PROJICIRANIH ZRAKA										
Na pravcu	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
U ravnini (SNOP)	480	960	1.440	1.920	2.400	2.880	3.360	3.840	4.320	4.800
Oba čela u ravnini	960	1.920	2.880	3.840	4.800	5.760	6.720	7.680	8.640	9.600
Dvije ravnine obostrano	1.920	3.840	5.760	7.680	9.600	11.520	13.440	15.360	17.280	19.200
Svih 6 smjerova	2.880	5.760	8.640	11.520	14.400	17.280	20.160	23.040	25.920	28.800

Da bi se odredio vanjski i unutarnji oblik, te barem djelomično i uzdužni oblik (K2; K3 i K4 kodna mjesta OTP koda izratka) za prosječan izradak pretpostavlja se da će biti potrebno oko 2.000 projiciranih zraka, odnosno 2.000 mjerenja.

Općenito se sve zrake s jedne strane ravnine mogu nazvati mjerni snop, ili kraće samo „SNOP". Može se govoriti o 6 osnovnih snopova, i to:

- LIJEVI – DESNI (RAVNINA YZ)
- GORNJI – DONJI (RAVNINA XY)
- PREDNJI – STRAŽNJI (RAVNINA XZ)

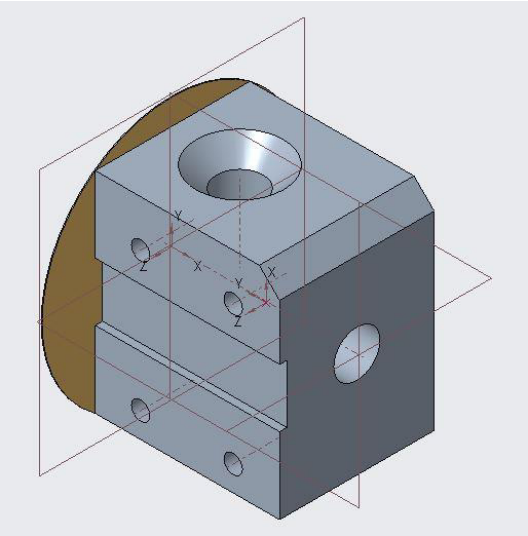
Za napomenuti je da bi u slučaju mjerenja oblika sa oba čela promatrane ravnine, bilo uputno na jednom čelu promijeniti kut prvog pravca za 7,5°. Time bi se postiglo da se krajnji (vanjski i unutarnji) oblik definira sa dvostruko više točaka (48 umjesto 24).
Ovo je iz razloga što se krajnji oblik u promatranoj ravnini mora vidjeti sa obje strane 3DM, pa bi se, posljedično, sa paralelnim pravcima u obje ravnine dva puta mjerile iste krajnje točke. Zakretom jednog snopa u odnosu na suprotni uz isti broj mjerenja postiže se veća preciznost i pouzdanost određivanja oblika 3DM.
Za zaključiti je da je potencijalni problem primjene ovog postupak općenito preveliki potreban broj projiciranih zraka. Pogotovo je to izraženo kod velikih 3DM, budući se sa veličinom izratka povećava i područje mjerenja, a time i potreban broj zraka.

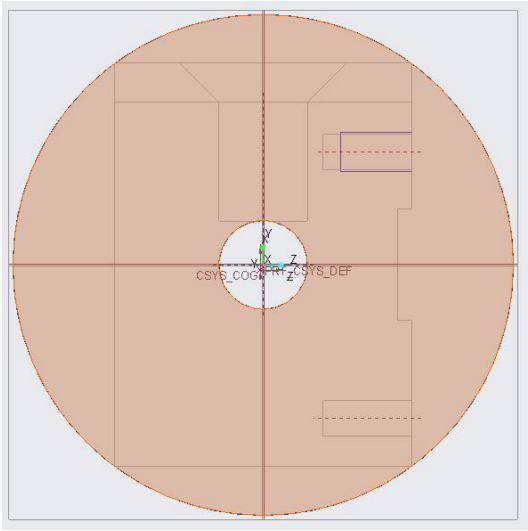
2. Područje mjerenja

Osnovne izmjere profila (ravnina okomita na promatranu os) su ograničene njegovom opisanom i upisanom kružnicom:

- $\boldsymbol{D_P}$ – PROMJER OPISANE KRUŽNICE
  - *Određuje se značajkom „PROMJER“*
- $\boldsymbol{D_R}$ – PROMJER UPISANE KRUŽNICE
  - *Određuje se značajkom „RUPA“*

Potrebno je istražiti područje između opisane i upisane kružnice.





Za slučaj punih komada, 3DM bez prolazne rupe ($D_R = 0$) potrebno je istražiti cjelovito područje opisane kružnice.

Područje se mjeri iterativnim postupkom, i to po točno određenom, hijerarhijskom slijedu. Hijerarhijski su moguće četiri razine, i to:

1. Ravnina (npr. YZ)
1.1 Strana (npr. lijeva)
1.1.1.Pravac (npr. 1)
1.1.1.1Polumjer (npr. 1)

} SNOP ZRAKA

Odabire se prvo ravnina, potom strana, što određuje jedan snop zraka, jednu cjelinu mjerenja. Obzirom na odabranu stranu ravnine automatski je definiran i smjer projiciranja zraka. Kao što je već rečeno, uvijek u 3DM.

Za odabrani snop zraka postupak se odvija iteracijom odozdo prema gore, odnosno, prvo se izvrše mjerenja iz svih točaka na jednom pravcu, pa se potom naprave sva mjerenja na slijedećem pravcu, i tako do zadnje točke na 24 pravcu. Time su definirani rezultati prvog snopa zraka.

Ukoliko se želi mjerenje sa obje strane ravnine, odabire se drugi snop zraka u istoj ravnini, pa potom isti postupak kao i za prethodni snop.

Ukoliko se želi mjerenje sa svih 6 strana 3DM, opisani postupak se ponavlja za preostale ravnine i njihove strane.

Iako je moguće postaviti ravninu na bilo kojem mjestu na 3DM, i pod bilo kojim kutom u odnosu na koordinatni sustav, u ovom istraživanju ove dodatne mogućnosti nisu korištene. Štoviše, od mogućih 6 osnovnih snopova, istraživanje je vršeno samo korištenjem snopova „LIJEVO“ i „DESNO“.

3. Način mjerenja

Sam način mjerenja je jednostavan.
Iz odabrane početne točke $(ravnina; strana; \varphi_i; r_i)$ projicira se zraka paralelna sa osi okomitom na promatranu ravninu. U slučaju ravnine YZ, paralelna je zraka sa osi X.
Rezultat mjerenja je duljina zrake, odnosno udaljenost zrake od početne točke (npr. po osi X, za ravninu YZ), pa do „prve prepreke“ u koju je zraka „udarila“.
Ova vrijednost označava se oznakom $\boldsymbol{L_z}$.
Moguća su tri slučaja, obzirom na rezultat mjerenja:

- $L_Z = 0$
  - *Ishodište zrake se nalazi upravo na čeonoj plohi 3DM*
- $0 < L_Z < \infty$
  - *Zraka se sudara sa nekom plohom 3DM na udaljenosti L_Z od čeone plohe 3DM*
- $L_Z = \infty$
  - *Zraka se ne sječe ni sa jednom plohom 3DM*

Mjerenjem se ne može utvrditi u kakvu vrstu plohe, ili brida se zraka sudarila.
Međutim, na temelju podataka o ishodišnoj točci zrake (unaprijed poznati – definirani podatak), i izmjerene udaljenosti, moguće je vrlo detaljno odrediti točku u prostoru na 3DM.
Na temelju rezultati mjerenja svih zraka iz snopa može se vrlo precizno „prepoznati“ oblik 3DM u promatranoj ravnini.
Na temelju rezultata mjerenja svih snopova može se vrlo precizno odrediti i prostorni oblik 3DM.

Obzirom na vrstu snopa (u kojoj ravnini leže pravci) izmjerena duljina zrake L_z može biti udaljenost po osi X, ili Y, ili Z.

Iako se mjeri samo duljina projicirane zrake, potpuni rezultat mjerenja se sastoji se od 5 podataka, koji se mogu svrstati u 3 osnovne cjeline. Radi preglednosti u nastavku se navodi primjer oznaka za snop „LIJEVO“: U OTP metodi za slučajeve snopova „LIJEVO“ i „DESNO“ izmjerena duljina zrake je jednaka koordinati sjecišta po X osi $(L_{Z_i} = X_i)$

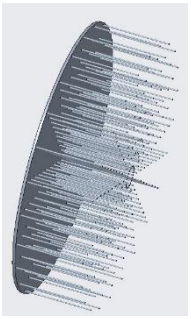
- NEZAVISNI PODACI
  - ISHODIŠTE ZRAKE OBZIROM NA POLARNI SUSTAV
    - L_{0_i} *Udaljenost snopa od koordinatnog sustava (Lijevo → X=0)*
    - $\varphi_{i;j}$ *kut pravca u odnosu na os Z koordinatnog sustava*
    - $r_{i,j}$ *udaljenost točke na pravcu od centra koordinatnog sustava*
  - ISHODIŠTE ZRAKE OBZIROM NA KOORDINATNI SUSTAV (IZVEDENI IZ POLARNOG)
    - X *računski prema jednadžbi:*
    - Y *računski prema jednadžbi:* $Y_i = \sin \varphi_i \times r_i$
    - Z *računski prema jednadžbi:*
- IZMJERENI PODACI
  - ODNOSE SE NA SJECIŠTE ZRAKE SA PLOHOM 3DM
    - Li
    - Y
    - Z

4. Alati za mjerenje

Budući rezultat mjerenja (duljina zrake) sama za sebe ne govori puno o geometriji modela, potrebno je osmisliti postupak koji će povezati rezultate svih pojedinačnih mjerenja u cjelinu iz koje je moguće odrediti geometriju 3DM.
Postupkom se definira prvenstveno smjer projiciranja i raster pokrivanja područja 3DM, odnosno snop zraka. Snop zraka se realizira pomoću četiri osnovna alata:

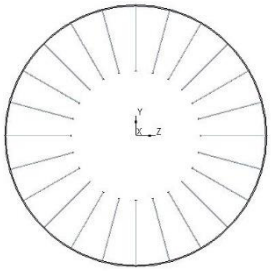
SITO

- *Za istraživanje radnog područja u YZ ravnini*
- *Smjer projiciranja je okomit na ravninu YZ (paralelan sa osi X)*
- *Ishodišta zraka su na pravcima koji počinju u središtu ravnine (Y=0;Z=0) koji leže po određenim kutom (φ) u ravnini obzirom na os Z.*
- *Kut među pravcima je uvijek jednak i iznosi 15°, dakle postoje 24 pravca*
- *Položaj ishodišnih točaka zraka na svim pravcima je jednak*
- *Broj točaka na pravcu ovisi o području mjerenja, a ograničen je na maksimalno 200 točaka*
- *Maksimalna rezolucija je 4.800 točaka za cijelo područje.*



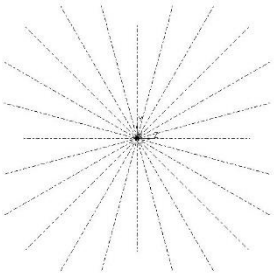
PRSTEN

- *Za istraživanje vanjskog oblika presjeka u YZ ravnini*
- *Smjer projiciranja je paralelan sa ravninom YZ*
- *Ishodište zraka je na opisanoj kružnici (promjer opisane kružnice je izmjerena je metodom „RUPA“)*
- *Položaj ishodišta zraka na kružnici definiran je međusobnim kutom otklona*
- *Zrake se usmjeravaju prema unutra, odnosno u centar kružnice*
- *Služi prvenstveno za definiranje vanjskog oblika presjeka 3DM u ravnini YZ*



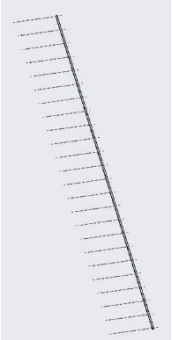
DISK

- *Za istraživanje unutarnje oblika presjeka u YZ ravnini*
- *Smjer projiciranja je paralelan sa ravninom YZ*
- *Ishodište zraka je na upisanoj kružnici (promjer upisane kružnice je izmjerena je metodom „RUPA“)*
- *Položaj ishodišta zraka na kružnici definiran je međusobnim kutom otklona*
- *Zrake se usmjeravaju prema van, odnosno iz centra kružnice*
- *Služi prvenstveno za definiranje vanjskog oblika presjeka 3DM u ravnini YZ*



ČEŠALJ

- *Za istraživanje radnog područja u ravninama XY i XZ*
- *Smjer projiciranja zraka je okomit na ravninu XY, ili XZ*
- *Ishodište zraka je na pravcu koji je duljine jednake duljini 3DM*
- *Pravac sa ishodišnim zrakama je udaljen za radijus opisane kružnice (promjer opisane kružnice je izmjerena je metodom „RUPA“)*
- *Položaj ishodišta zraka na kružnici definiran je međusobnim razmakom točaka*
- *Zrake se usmjeravaju prema „unutra“ (od pravca prema eDM, odnosno osi X)*
- *Služi prvenstveno za definiranje uzdužnog oblika 3DM*



5. Algoritam mjerenja

Navode se osnovni koraci algoritma po redoslijedu izvršavanja:

- DEFINIRAJU SE POLAZNI PODACI
  - PODACI O 3DM DEFINIRANI ZNAČAJKOM „RUPA“
    - *D_R – promjer upisane kružnice (trenutno je to podatak u polju O0 (promjer rupe)*
    - *D_P – promjer opisane kružnice (trenutno nema tog podatka u „.btp“)*
  - PODACI O 3DM DEFINIRANI BTP APLIKACIJOM (T129BTP REDAK E I O)
    - *X_1 – lijeva strana (lijevo čelo)* *$X_1=0$ (u centru koordinatnog sustava)*
    - *X_2 – desna strana (desno čelo)* *$X_2=O1+O2$; ili $X_2=O3$ (t120btp)*
- KVANTIFICIRAJU SE PROMJERI MJERNIH KRUŽNICA
  - PRSTEN
    - *Promjer kružnice je D_P*
  - DISK
    - *Promjer kružnice je D_R*
  - SNOP
    - *Snop može biti krug ili vijenac*
    - *Vanjski promjer snopa je D_P*
    - *Unutarnji promjer snopa je D_R*
- MJERENJE OBLIKA U YZ RAVNINI (PO OSI X)
  - *Alat Disk na minimalno 3 mjesta, a maksimalno 5 mjesta*
  - *X_{P1} – lijevo čelo* $(X_{P1} = X_1)$
  - *X_{P2} – desno čelo* $(X_{P2} = X_2)$
  - *X_{P0} – jednaka udaljenost od oba čela* $\left(X_{P0} = \frac{X_{P1}+X_{P2}}{2}\right)$
  - *$X_{P1/2}$ –maksimalni promjer u desno* $\left(X_{P1/2} = X_1 + L_{XP1}\right)$
  - *$X_{P2/1}$ – maksimalni promjer u lijevo* $\left(X_{P2/1} = X_2 - L_{XP2}\right)$
  - *L_{XP1} I L_{XP2} se određuju tijekom mjerenja lijevog i desnog čela (opisano kasnije)*
  - *Ukoliko su LXP1 i LXP2 jednaki nuli zadnja dva mjerenja nisu potrebna*
  - *Ukoliko su $X_{P1/2}$ i $X_{P2/1}$ jednaki nuli ili jednaki X_{PO}, ova dva mjerenja nisu potrebna.*
  - *L se mjeri na promjeru D_P-0,5, (okomito na bilo koje mjesto gdje je duljina zrake =0 – samo jedno mjerenje)*
  - *Moglo bi se mjeriti i od XPO u lijevo i u desno umjesto zadnja dva mjerenja*
- MJERENJE LIJEVOG ČELA
  - POLOŽAJ ALATA ZA MJERENJE
    - *Ravnina YZ*
    - *X=0*
  - VANJSKI OBLIK
    - *Alat: Prsten*
    - *Rezultat: skup od 24 duljine zraka*
    - *Oblik plohe*
    - *Karakteristične izmjere oblika*
    - *KI=D_P Da ili ne*
  - UNUTARNJI OBLIK
    - *Alat: Disk*
    - *Rezultat: skup od 24 duljine zraka*
    - *Oblik plohe*
    - *Karakteristične izmjere oblika¸*
    - *KI=D_R Da ili ne*

6. Potrebni rezultati mjerenja

Za potrebe OTP klasifikacije nije nužno poznavati kvantitativne podatke o geometrijskim oblicima i njihovim izmjerama, već je dovoljan kvalitativni uvid u geometriju 3DM.
To znači da je dovoljno utvrditi postojanje samo jednog od tehnološki utjecajnih oblika na 3DM, te se na temelju njega vrši izbor potrebnog tehnološkog postupka. Točan broj istovrsnih oblika značajan je sa stajališta potrebnog vremena obrade izratka odabranog tehnološkog postupka kao operacije u tehnološkom procesu.
Na primjer, odluka o potrebi bušenja kao operacije u tehnološkom procesu, donosi se na temelju postojanja rupe u 3DM, neovisno koliki je ukupni broj rupa na 3DM. Dovoljno je postojanje i samo jedne rupe na 3DM da u tehnološkom procesu bude potrebna operacija bušenja.

Pojednostavljeno, potrebni tehnološki postupci temelje se prvenstveno na temelju ploha koje je na izratku potrebno ostvariti, pa je moguće mjerenje prilagoditi na način da rezultati mjerenja budu usmjereni na isključivo prepoznavanje tehnološki značajnih ploha na 3DM.
Dakle, ne broj ploha, nego samo njihova vrsta.

Uzimajući u obzir da se projiciranjem zrake utvrđuje samo duljina zrake, potrebno je na 3DM usmjeriti dovoljan broj zraka na način da se na temelju promjene duljine zraka može utvrditi vrsta površine koja se mjeri.
Ovo je najlakše izvesti korištenjem radijalno projiciranih zraka, a to je izvedivo sa ishodištima zraka na kružnici.
Za unutarnje oblike koristi se kružnica čiji promjer je jednak upisanoj kružnici, a za vanjske oblike koristi se kružnica čiji promjer je jednak opisanoj kružnici.
Zadržao bi se isti raster točaka na kružnici kao što je i raster pravaca za okomite zrake. To znači da je raster definiran kutom φ, odnosno kutom od 15˚, te svako iziskuje 24 mjerenja.
Može se govoriti o mjernoj zvijezdi, kod koje je za razliku od „SNOPA“ broj mjerenja uvijek konstantan i ne ovisi o veličini 3DM.
Nedostatak mjerne zvijezde je što mjeri oblik samo na jednom mjestu izratka, što implicira da bi za pokrivanje cijelog područja mjerenja bio potreban veći broj mjernih zvijezdi.

Zadani elementi mjerenja su:

- RAVNINA YZ
  - *Položaj početne točke obzirom na X koordinatu*
  - *Postoje dvije ravnine, i to upravo ravnine čela izratka po osi X (lijeva i desna strana)*
  - *Za definiranje vanjskog i unutarnjeg oblika dovoljno je samo jedno čelo, ali se sa obostranim „snopom zraka“ mogu utvrditi i dodatne uzdužne značajke 3DM*
- KUT PRAVCA NA KOJEM SE NALAZE POLAZNE TOČKE
  - *Za ovo istraživanje određena je finoća zakreta pravca u iznosu od 15°*
  - *Iz ovog proizlazi da je potrebno 24 pravca na kojem će se nalaziti ishodišne točke pojedinih zraka*
- DULJINA RADIJUSA R
  - *udaljenost točke na pravcu od središta koordinatnog sustava*

Rezultati mjerenja su:

- DULJINA ZRAKE
  - *Udaljenost sjecišta zrake sa preprekom*
  - *Cjeloviti rezultat sastoji se od 4 podatka:*
    - *Xo= const*
    - *φ*
    - *Li (X)*
    - *Y*
    - *Z*

Obzirom da je mjerenje u potpunosti strukturiran, postoji i hijerarhijska povezanost, moguće je mjerenje svrstati u skupine, i to:

- OBZIROM NA POČETNU TOČKU
  - OBZIROM NA PRAVAC TOČAKA
    - *Obzirom na radijus točke na pravcu*

Sukladno je moguće podatke upisati u tri međusobno povezane tabele u OTP bazi podataka:

- T127BTPGIMRAVNINA
- T128BTPGIM PRAVAC
- T129BTPGIMTOČKE

naravno sve vezano uz t120btp.

Moguće je i u samoj BTP aplikaciji privremeno pohranjivati podatke koji bi se u OTP bazu upisivali u navedene tri tabele, a da se u OTP bazu upisuju samo skupni – značajni podaci u jednu tabelu, npr. t125btp GIM.

Iako bi se neki od detaljnijih podataka mogli dodatno iskoristiti, zbog velikog broja podataka baza bi vrlo brzo postala ogromna, te je optimalnije, a pogotovo za ovo istraživanje, koristiti zapis u OTP bazu i to u tabelu t125btpGIM.

Tabela je matrica sa 24 retka i po 10 stupaca.
Svaki redak predstavlja jedan pravac, a stupci su podijeljeni u dvije cjeline od kojih je prva vezana uz vanjski oblik, druga uz unutarnji oblik, a treća uz međuoblike.

- UKUPNI BROJ SJECIŠTA
  - *Prolazna zraka (L=9.999)*
  - *Ograničena zraka (0>L>9.999)*
  - *Bez zrake (L=0)*

U tabeli je potreban i dodatni, 25 redak. To je skupni redak za zajedničke podatke o obliku 3DM.

U cilju smanjenja utroška vremena za mjerenje, moguće je dodatno smanjiti broj točaka, i to na način da se projiciraju zrake samo u blizini minimalnog i maksimalnog polumjera

Ovime su definirani svi potrebni ulazni parametri za automatizirano mjerenje geometrije projiciranim zrakama.

Za kvalitativno određivanje, npr. da li je oblik izratka pun ili cijevi, postupak je relativno jednostavan.
Zraka se usmjeri iz centra po osi X (Y=0; Z=0), desno i lijevo od X=0.
Ukoliko nema prepreke radi se o cjevastom izratku.
Ukoliko postoji prepreka (zraka ne odlazi u beskonačnost) radi se o punom izratku

Za kvantitativno određivanje, mjerenje npr. promjera prolazne rupe, postupak je složeniji. Potrebno je „pohranjivati“ podatke o svakom iteracijskom koraku, te na temelju svih koraka odrediti npr, promjere prolaznih rupa.
U slučaju izratka koji ima više promjera središnjih rupa (više stupanjska cijev, npr. cijev unutarnjeg promjera 50 mm, koja je na lijevom čelu tokarena na unutarnji promjer 55 mm do dubine 30 mm, a sa lijevog čela tokarena na unutarnji promjer 70 mm do dubine 20 mm) moguće je pohraniti sve ove podatke.
Zrakama bi bilo moguće vrlo detaljno definirati oblik, odnosno „izdvojiti“ podatke o tehnološki značajnim elementima oblika.
Ovim načinom bi se moglo utvrditi i postojanje uzdužnih i bočnih značajki 3DM. To znači da bi se moglo odrediti postojanje rupa okomitih na os X, ili pod nekim kutom (npr. rupe za mazalice), kao i rupa paralelnih sa osi X, ali zamaknutih od same osi X (npr, rupe na prirubnici).

7. Radijalni set zraka

Svaki od 4 navedena osnovna alata za mjerenje geometrije 3DM temelji se na točno definiranom setu zraka. Testiranjem pojedinih alata, pokazalo se kao optimalno korištenje seta zraka za istovremeno kvantificiranje svih sjecišta koje zraka ima sa 3DM.
Iz tog razloga su alati prsten i disk spojeni u jedan alat kojim se istovremeno utvrđuju podaci potrebni za definiranje i vanjskog i unutarnjeg oblika presjeka 3DM.
Budući se radi o spoju dva osnovna alata, praktički se ne radi o osnovnom, nego o složenom alatu.
Autor istraživanja se odlučio da složeni alat ne imenuje posebno. Tijekom istraživanja bolje je koristiti opis same metode, a to je mjerenje radijalnim setom zraka, pa se koristi termin radijalni set zraka.

Na temelju dugotrajnog istraživanja, ostvarena je primjena metode za definiranje geometrijskog oblika 3DM na temelju alata koji projicira zrake na sam 3DM.
Metoda koristi upravo radijalni set zraka, a detaljno je opisana u osnovnom tekstu disertacije.
Ovaj prilog disertaciji u svom većem dijelu je radna verzija nastala prije ostvarenja rješenja, pa i kreiranja složenog alata za mjerenje radijalnim setom zraka. To je ujedno i razlog što se u ovom prilogu, pojedine oznake koje se odnose na isti objekt mogu razlikovati od onih u osnovnom tekstu disertacije. U osnovnom tekstu su konačne oznake, nakon završetka istraživanja, a u ovom prilogu su privremene, radne oznake, koje su korištene tijekom istraživanja.

Iako je metoda projiciranog radijalnog seta zraka detaljno opisana u osnovnom tekstu, ovdje se ipak navode samo osnovne informacije o metodi.
Radi se zapravo o sažetku metode, budući je u osnovnom tekstu zbog detaljnosti i opsežnosti moguće i pomalo nepregledna.

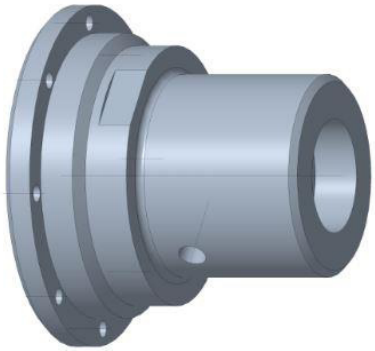
8. Sažetak metode projiciranja radijalnog seta podataka na 3DM

Sam postupak je relativno jednostavan.

CAD 3D MODEL (3DM=IZRADAK)

IZRADAK JE PTC/CREO 3D MODEL

- *Modeliranje je provedeno sukladno preporukama i ograničenjima metode OTP (mOTP)*
- *U PTC/CREO postoji 8 standardnih pogleda.*
- *U stablu modela je i presjek po XY ravnini. Možda on ne treba biti posebno u stablu, nego se može „dohvatiti“ i kao standardni pogled*



PROJICIRANJE SETA RADIJALNIH ZRAKA

PROGRAMERSKI POSAO I IZBOR POHRANE PODATAKA

- *prijedlog je t126btpZrake*
- *ili u samoj btp aplikaciji, pri čemu ne bi bilo potrebe za zapisom „međupodataka“ u OTP bazu podataka (OTPbp)*

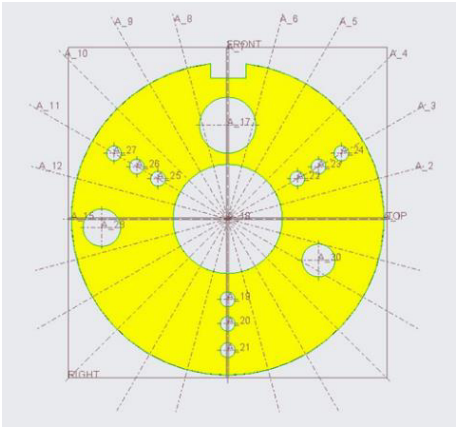
RADIJALNI SET ČINE 24 ZRAKE

DOSTUPNI PODACI

- *broj sjecišta svake zrake sa plohama na 3DM*
- *koordinate XYZ svakog sjecišta*

JEDNO MJERENJE – JEDNA MJERNA SLIKA

- *mjerenje počinje od X=0,1 mm (lijevo čelo)*
- *korak iteracije je 1mm*
- *mjerenje završava na X=L-0,1mm (desno čelo)*



Slika ne odgovara gornjem izratku.
Općenita slika za razumijevanje metode

OBRADA PODATAKA ZA SVAKU MJERNU SLIKU

PROGRAMERSKI POSAO I IZBOR POHRANE PODATAKA

- *prijedlog je t127btpMjernaSlika*
- *ili u samoj btp aplikaciji, pri čemu ne bi bilo potrebe za zapisom „međupodataka“ u OTPbp*

MJERNA SLIKA SE ANALIZIRA OBZIROM NA

- *sve zrake (brojevi sjecišta)*
- *pojedine zrake (maksimalna i minimalna točka sjecišta vanjskog oblika i unutarnjeg oblika presjeka*
- *izvedene veličine (detaljno opisano u ranijim datotekama: vidjeti MS Excel tabelu u potpunosti).*
- *moguće je analizirati i točke sjecišta koja se nalaze između maksimalnog i minimalnog sjecišta na istoj zraci.*

T-xxx	MS EXCEL TABELA SJECIŠTA			01-01								
PREDODREĐENO		MJERNA SLIKA			VANJSKI OBLIK							
i	0	SJECIŠTA			k	n	POMOĆNI PODACI (IZVEDENI)					
j	φ_i	$nMT_{i;j}$	Podatak	vrijednost	$Y_{i;j;k}$	$Z_{i;j;k}$	$R_{i;j;k}$	$D_{i;k}$	$T_{i;k}$	$V_{i;k}$	$VP_{i;k}$	$H_{i;k}$ $HP_{i;k}$
1	0	0	nMT_i	64	0,00	25,00	25,00	25,00				25,00
2	15	2	$nMP_{i_{NEPAR}}$	0	6,47	50,00	25,00	75,00		19,41		98,30
3	30	2	$nMP_{i_{PAR}}$	60	25,00	43,30	50,00	100,00		50,00		86,60
4	45	6	$nMT_{i_{MAX}}$	6	35,36	35,36	50,00	100,00		70,71		70,71
5	60	2	$nMP_{i_{MAX}}$	4	43,30	25,00	50,00	100,00		86,60		50,00
6	75	2	$mMP_{i_{MAX}}$	0	48,30	12,94	50,00	100,00		96,59		25,88
7	90	4	$qMP_{i_{MAX}}$	0	45,00	0,00	45,00	95,00		95,00		
8	105	2	$nMP_{i_{\infty}}$	2	48,30	-12,94	50,00	100,00		96,59		0,00
9	120	2	$mMP_{i_{\infty}}$	0	43,30	-25,00	50,00	100,00		86,60		0,00
10	135	6	$qMP_{i_{\infty}}$	0	35,36	-35,36	50,00	100,00		70,71		0,00
11	150	2	nMP_{i_1}	0	25,00	-43,30	50,00	100,00		50,00		0,00
12	165	2	mMP_{i_1}	0	12,94	-48,30	50,00	100,00		25,88		-6,47
13	180	0	qMP_{i_1}	0	0,00	0,00						0,00
14	195	2	nMP_{i_2}	16	-12,94	-48,30	50,00	-12,50		0,00		0,00
15	210	2	mMP_{i_2}	8	-25,00	-43,30	50,00	0,00		0,00		0,00
16	225	6	qMP_{i_2}	8	-35,36	-35,36	50,00	0,00		0,00		0,00
17	240	2	nMP_{i_3}	0	-43,30	-25,00	50,00	0,00		0,00		0,00
18	255	2	mMP_{i_3}	0	-48,30	-12,94	50,00	0,00		0,00		0,00
19	270	4	qMP_{i_3}	0	-50,00	0,00	50,00	-2,50		0,00		
20	285	2	nMP_{i_4}	2	-48,30	12,94	50,00	0,00		0,00		48,30
21	300	2	mMP_{i_4}	2	-43,30	25,00	50,00	0,00		0,00		68,30
22	315	6	qMP_{i_4}	0	-35,36	35,36	50,00	0,00		0,00		83,65
23	330	2	$nMP_{i_{n>3;nepar}}$	0	-25,00	43,30	50,00	0,00		0,00		43,30
24	345	2	$nMP_{i_{n>3;PAR}}$	4	-12,94	48,30	50,00	0,00		1,70		96,59

Tabela u MS Excelu od ranije . Izvorno sadrži još više podataka

KVANTIFICIRAJU SE PODACI O OBLIKU PRESJEKA

PODACI O OSNOVNOM OBLIKU

- *u OTPbp postoji tabela sa mogućim osnovnim oblicima presjeka, t12U1OsnovniOblikpresjeka*

PODACI O PODOBLIKU PRESJEKA

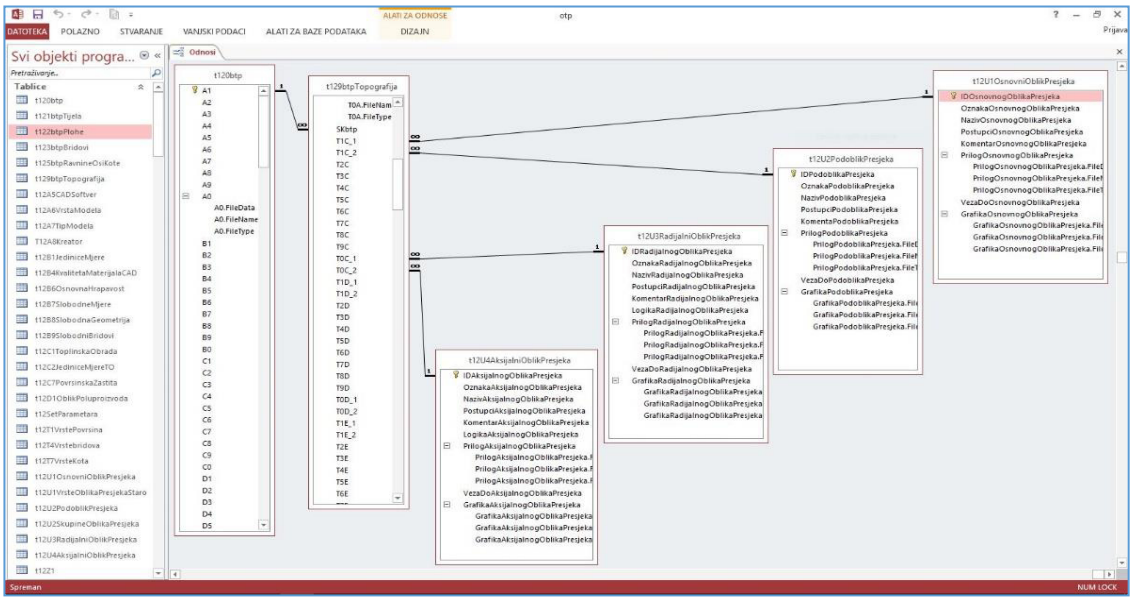
- *u OTPbp postoji tabela sa mogućim osnovnim oblicima presjeka, t12U2PodoblikPresjeka*
- *Za ovo istraživanje nije nužno definirati ovaj podatak*

PODACI O RADIJALNOM OBLIKU PRESJEKA

- *u OTPbp postoji tabela sa mogućim radijalnim oblicima presjeka, t12U3RadijalniOblikPresjeka*
- *On se utvrđuje na temelju dva kriterija od kojih svaki može biti ili ne biti, pa su moguća 4 stanja (4 izbora)*

PODACI O AKSIJALNOM OBLIKU PRESJEKA

- *u OTPbp postoji tabela sa mogućim radijalnim oblicima presjeka, t12U4AksijalniOblikPresjeka*
- *On se utvrđuje na temelju dva kriterija od kojih svaki može biti ili ne biti, pa su moguća stanja (4 izbora)*



Osnovni oblik presjeka u pravilu je barem na nekom mjestu 3DM potpun, no češće se radi o nepotpunim osnovnim oblicima. Zbog toga su u mOTP definirani i važniji podoblici presjeka. Podoblici su zapravo krnji osnovni oblici koji nastaju u pravilu oduzimanjem materijala na izratku, nekim od tehnoloških postupaka u procesu izrade.
Osnovni oblik presjeka na izratku postiže se odgovarajućim osnovnim tehnološkim postupkom, dok je za nepotpune oblike potreban i drugi postupak. Npr. za okrugle izratke osnovni je postupak tokarenje, a za nepotpune okrugle oblike potreban je postupak glodanja, u riiedim slučajevima posebni, pa i dodatni postupci. Za unutarnje utore, dubljenje ili provlačenje, kao postupci OTP skupine posebnih postupaka, ili za zupčanike postupak ozubljivanja koji je u OTP svrstan u skupinu dodatnih postupaka.
Obzirom na cilj mOTP posebno su značajni za ovo istraživanje nepotpuni okrugli i pravokutni oblici, pa u određenoj mjeri i šesterokutni. Iz tog razloga se samo oni definiraju preciznije kroz svoje podoblike.

Prvenstveni je cilj prepoznavanja općenitog oblika, bilo potpunog, ili krnjeg. Iz tog razloga su u mOTP i općeniti oblici ubrojeni u podoblike. Uvjeti za kvantificiranje podataka o obliku presjeka prikazani su u nastavku.

▣ OBLIK PRESJEKA

▣ OSNOVNI OBLIK PRESJEKA - POTPUNI

- *prvo se „provjerava" oblik obzirom na potpune predodređene oblike*
- *predodređeni presjeci definirani su tabelom t12U1OsnovniObliciPresjeka: 1-okruglo, 2-pravokutno, 3-L profil, 4- C (U) profil, 5-I profil, 6-šesterokutno, 7-Krivuljni oblik, 8-Složeni oblik, 9-ostali oblici (nepravilni, nedefinirani)*
- *kriteriji za svaki potpuni predodređeni oblik nalaze se na kraju ovog teksta u tabelama*
- *provjerava se oblik samo na prvih 6 predodređenih oblika*
- *ukoliko nije potvrđen ni jedan od provjerenih oblika smatra se da osnovni oblik presjeka nije potpun, nego krnji. Ovo je ujedno podatak i za kriterij radijalnog oblika.*

▣ OSNOVNI OBLIK PRESJEKA - OPĆENITI

- *U slučaju krnjeg oblika, slijedeći korak je provjera uvjeta vezanih uz 3 za mOTP značajnih općenitih oblika*
- *Tijekom ove provjere općenito se smatra da je potrebno zrake bez sjecišta tretirati kao zrake potpunog oblika, odnosno da ih je potrebno pribrojiti zrakama na kojima se grade uvjeti za utvrđivanje općenitih oblika*
- *Da bi se moglo zaključiti da je presjek općenito **OKRUGLI** vrijedi:*
  $nR_{i;\vec{j};k_{MAX}} + nR_{i;\vec{j};k_{\infty}} \geq 8$
- *Da bi se moglo zaključiti da je presjek općenito **PRAVOKUTNI** vrijedi:*
  $nR_{i;\vec{j};k_{MAX}} \leq 4$ *AND* $(OR(nY_{i;\vec{j};k_{MAX}} > 6; nY_{i;\vec{j};k_{MIN}} > 6; nZ_{i;\vec{j};k_{MAX}} > 6; nZ_{i;\vec{j};k_{MIN}} > 6); 1; 0)$
- *Da bi se moglo zaključiti da je presjek općenito **ŠESTEROKUTNI** vrijedi:*
  ispunjeni svi uvjeti kao za puni šesterokut, ali odnos dijagonala je manji od navedenog u tabeli uvjeta za puni šesterokut
  $$oD_{i;\vec{j};k} < 1{,}155$$
  *radi se o **ZAOBLJENOM** podobliku (ZAOBLJENI ŠESTEROKUT)*
- *Ako nije utvrđen ni jedan od tri osnovna oblika presjeka smatra se da je oblik nepravilan. Iako bi se moglo utvrditi radi li se o kombiniranom ili složenom obliku, za potrebe ovog rada ovo nije detaljnije istraživano.*

▣ PODOBLIK PRESJEKA – KRNJI OSNOVNI OBLIK

- *Ukoliko se utvrdi općenito osnovni oblik pesjeka daljnjom analizom moguće je krnji oblik preciznije definirati. Na temelju preciznije definiranog krnjeg oblika moguće je odrediti tehnološki postupak za njegovo postizanje na izratku*
- *Uglavnom je to važno za slučaj profiliranih presjeka, kao kod npr. zupčanika, za čiju izradu su potrebni postupci iz OTP skupine posebnih postupaka rada*
- *Da bi se moglo zaključiti da je podoblik presjeka **OKRUGLI PROFILNI** vrijedi*
  $nR_{i;\vec{j};k_{MAX}} + nR_{i;\vec{j};k_{\infty}} \geq 8$ *AND* $mR_{i;\vec{j};k_{MAX}} = 0$
- *Da bi se moglo zaključiti da je podoblik presjeka **OKRUGLI JEDNOSTRANO ODREZANI** vrijedi*
  $nR_{i;\vec{j};k_{MAX}} + nR_{i;\vec{j};k_{\infty}} \geq 8$ *AND* $mR_{i;\vec{j};k_{MAX}} = 1$
- *Da bi se moglo zaključiti da je podoblik presjeka **OKRUGLI DVOSTRUKO ODREZANI** vrijedi*
  $nR_{i;\vec{j};k_{MAX}} + nR_{i;\vec{j};k_{\infty}} \geq 8$ *AND* $mR_{i;\vec{j};k_{MAX}} = 2$
- *Da bi se moglo zaključiti da je podoblik presjeka **POLUKRUG** vrijedi*
  $nR_{i;\vec{j};k_{MAX}} + nR_{i;\vec{j};k_{\infty}} = 13$ *AND* $mR_{i;\vec{j};k_{MAX}} = 1$ *AND*

Podoblici presjeka – krnji osnovni oblik prikazan je u tabeli *t12U2PodoblciPresjeka* u OTPbp. Specificirane su mogućnosti djelovanja na potpuni presjek, i to s aspekta potrebnih tehnoloških postupaka potrebnih za izvršenje promjene osnovnog oblika presjeka. Detaljnijom analizom moglo bi se definirati kriterije za

t12U2PodoblikPresjeka

IDPodoblikaPr	OznakaPodobl	NazivPodoblik
1	1	Pravilni
2	2	Zaobljeni
3	3	Skošeni
4	4	Odrezani
5	5	Urezani
6	6	Profilni
7	7	Ostali
(Novi)		

.

- PODACI O KARAKTERISTIČNIM IZMJERAMA OBLIKA PRESJEKA
  - *u OTPbp ne postoji posebna tabela karakterističnih izmjera, već su one definirane fiksno, i to:*
  - *D – promjer*
  - *OK – otvor ključa*
  - *H – visina profila*
  - *a – širina profila (po osi Z)*
  - *b – visina profila po osi Y)*
- PODACI O DODATNIM IZMJERAMA OBLIKA PRESJEKA
  - *dodatno se utvrđuje i uzdužna pozicija mjerne slike obzirom na os X*
  - *moguće je računski odrediti i površinu presjeka, kao i ekvivalent opisane kružnice*
  - *Uvjeti za kvantificiranje podataka o obliku i karakterističnim izmjerama presjeka prikazani su u nastavku.*
  - *Podaci su prikazani za svaki pojedini oblik (podoblik) na posebnoj slici, kao što je to prikazano na slici desno za šesterokutni potpuni oblik*
  - *Izlazni podaci su jedinstveni set podataka.*
  - *bez obzira da li neka polja imaju vrijednost ili ne, uvijek se sva polja upisuju u OTPbp.*

T-xxx		ŠESTEROKUT			01-01
Ulazni podaci					
1	$R_{i;\overleftrightarrow{j};k_{MAX}}$		mm	izmjereno	
2	$R_{i;\overleftrightarrow{j};k_{MIN}}$		mm	izmjereno	
3	$D_{i;\overleftrightarrow{j};k_{MAX}}$		mm	izračunato	
4	$D_{i;\overleftrightarrow{j};k_{MIN}}$		mm	izračunato	
Uvjeti					
1	$\alpha R_{i;\overleftrightarrow{j};k_{MAX}}$	60°		prebrojeno	
2	$nR_{i;\overleftrightarrow{j};k_{MAX}}$	6		prebrojeno	
3	$mR_{i;\overleftrightarrow{j};k_{MAX}}$	0		prebrojeno	
4	$mR_{i;\overleftrightarrow{j};k_{\#}}$	6		prebrojeno	
5	$qR_{i;\overleftrightarrow{j};k_{\#}}$	3		prebrojeno	
6	$oD_{i;\overleftrightarrow{j};k}$	1,155		izračunato	
7	$OR\ (qV_{i;\overleftrightarrow{j};k_{MAX}} = 5;\ qVH_{i;\overleftrightarrow{j};k_{MAX}} = 5\ )$			prebrojeno	
Izlazni podaci	kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija				
Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	t12U1OsnovniOblik presjeka	t12U2PodoblikPresjeka	t12U3RadijalniOblikPresjeka	t12U4AksijalniOblikPresjeka		prema jednadžbi
Izmjere ϕ	OK	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
	$D_{i;\overleftrightarrow{j};k_{MIN}}$					$D_{i;\overleftrightarrow{j};k_{MAX}}$
Napomene						
Moglo bi se koristiti i uvjeti vezani sa maksimalnim duljinama zrake.						
Ako je zadovoljeno 7 uvjeta može se utvrditi da se radi o ŠESTEROKUTNOM obliku						

RADIJALNI OBLIK PRESJEKA

PROVJERA OBLIKA NA PROBUŠENOST

- *postoje dva moguća stanja*
- *ne probušeno – ako je zadovoljen uvjet da ne postoji ni jedna dijagonala bez sjecišta*
- *probušeno – ako je zadovoljen uvjet da je barem jedna dijagonala bez sjecišta, ili još jednostavnije: ako nije zadovoljen uvjet ne probušenosti*
- *Uvjet: AKO(* $nD_{i;\vec{j};k_\infty} = 0$*;0;1) (uobičajena sintaksa u MS ExCEL-u.)*

PROVJERA OBLIKA NA POTPUNOST

- *ova provjera je napravljena već u sklopu provjere osnovnog oblika (prvi korak)*
- *provjerava se oblik samo na prvih 6 predodređenih oblika*
- *ukoliko nije potvrđen ni jedan od provjerenih oblika smatra se da presjek nije potpun, nego nepotpun.*

SINTEZA PROBUŠENOSTI I POTPUNOSTI U ZAJEDNIČKI RADIJALNI KRITERIJ

- *predodređeni radijalni oblici definirani su tabelom t12U3RadijalniObliciPresjeka, i to kao kombinacija dva moguća stanja dvaju kriterija, dakle 4 moguća rezultata: 1: potpuni-neprobušeni, 2: potpuni-probušeni, 3: nepotpuni-neprobušeni, 4: nepotpuni-probušeni*
- *Kriterij radijalnog oblika označava se općenito oznakom T0_1, a obzirom na više zapisa u istoj tabeli, vrijedi sustav oznaka sa umetnutim slovom retka u koji se zapisuje, kao što je opisano kod oznake aksijalnog oblika presjeka*
- *Jednadžba se ovdje ne navodi, ali je navedena u OTPbp,*

AKSIJALNI OBLIK PRESJEKA

ZAJEDNIČKE PRETPOSTAVKE

- *općenito vrijedi da se zrake bez sjecišta ne uzimaju u obzir u ovoj analizi (nMP_{i_∞} nije dio skupa podataka)*

PROVJERA OBLIKA NA PUNOST

- *postoje dva moguća stanja: puni ili cjevasti oblik*
- *puni aksijalni oblik*
  *ako je zadovoljen uvjet da su **sve zrake** u mjernoj slici sa **neparnim** brojem sjecišta*
- *cjevasti aksijalni oblik*
  *ako je zadovoljen uvjet da su **sve zrake** u mjernoj slici sa **parnim** brojem sjecišta*
  ili još jednostavnije: ako nije zadovoljen uvjet potpunosti

PROVJERA OBLIKA NA PERFORIRANOST

- *postoji više mogućih stanja: okrugle rupe, otvori, i rupe i otvori istodobno*
- *razlikovanje okruglih provrta od drugih oblika otvora moglo bi se utvrditi detaljnijom analizom, a ovo istraživanje će se zadovoljiti podjelom na perforirane i ne perforirane aksijalne oblike.*
- *ne perforirani aksijalni oblik*
  *ako je zadovoljen uvjet da su **sve zrake** u mjernoj slici sa **maksimalno 2** sjecišta*
- *perforirani aksijalni oblik*
  *ako je zadovoljen uvjet da je **barem jedna zraka** u mjernoj slici sa **više od 2** sjecišta, ili jednostavnije, ako nije zadovoljen uvjet ne perforiranosti*

SINTEZA PUNOSTI I PERFORIRANOSTI U ZAJEDNIČKI AKSIJALNI KRITERIJ

- *predodređeni aksijalni oblici definirani su tabelom t12U4AksijalniObliciPresjeka, i to kao kombinacija dva moguća stanja dvaju kriterija, dakle 4 moguća rezultata: 1: puni- 2: puni-perforirani, 5: cjevasti, 6: cjevasti-perforirani*
  oznake 3 i 4 predstavljaju finiju podjelu koja nije obuhvaćena ovim istraživanjem
- *naziv aksijalnog oblika u OTPbp je općenito T0_2 (T nula donja crta 2), bez razmaka. To je naziv polja u matrici tabele t129btpTopologija u koju se podatak opisuje.*
- *budući se u t129btpTopologiju upisuju podaci o više od jednog oblika puna oznaka sadržava i slovo retka u kojem se opisuje određeni oblik. To slovo se umeće između slova T i broja 0 u oznaci.*
  npr. za maksimalni vanjski oblik oznaka aksijalnog oblika presjeka je TC0_2, a za minimalni unutarnji nutarnji oblik oznaka je TO0_2. Detalji su vidljivi u navedenoj tabeli OTPbp.
- *kriterij za odlučivanje formatu MS EXCEL zapisa je:*
  $TC0_2 = IF(And\ (nMP_{i_{par}} = 0;\ nMT_{i_{MAX}} \leq 2;$ *"Puni"*$;\ IF(And\ (nMP_{i_{par}} = 0;\ nMT_{i_{MAX}} > 2;$ *"Puni- perforirani"*$;\ IF(And\ (nMP_{i_{par}} > 0;\ nMT_{i_{MAX}} \leq 2;$ *"Cjevasti"*$;$ *"Cjevasti – perforirani"*$)))$

Prikazanim načinom utvrđivanja radijalnog i aksijalnog oblika u potpunosti opisan i algoritam za kvantificiranje radijalnog i aksijalnog oblika presjeka.
Na temelju aksijalnog i radijalnog oblika presjeka može se utvrditi potreba za operacijom bušenja u tehnološkom procesu.

Na prethodnoj slici je vidljivo da su u setu izlaznih podataka , uz osnovni oblik i podoblik, te karakteristične izmjere, uključujući i položaj mjerne slike na osi X, uključeni i podaci o radijalnom i aksijalnom obliku presjeka.

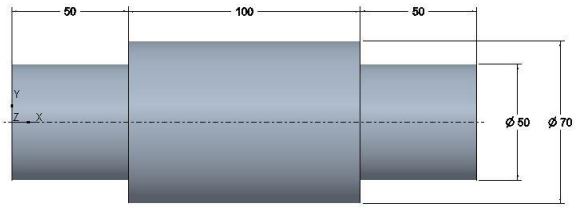
Ovime je definiran niz mjernih slika uzduž osi X. U pravilu se mjerne slike ponavljaju, pa nema potrebe za gomilanjem podataka u OTPbp. Cilj je zapisati različite slike u OTPbp

SORTIRANJE PODATAKA SVIH MJERNIH SLIKA

SORTIRANJE PO OSNOVNOM OBLIKU I KARAKTERISTIČNOJ IZMJERI

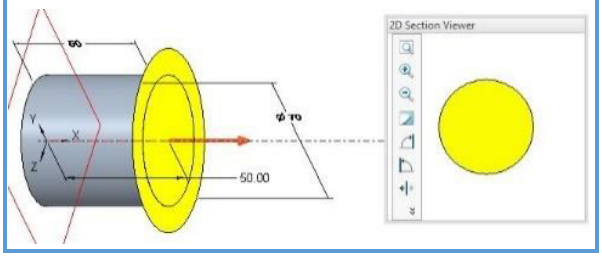
- *interesantna su samo mjesta na 3DM na kojima se mijenja oblik ili izmjera presjeka*
- *ovime se smanjuje potreban broj zapisa u OTPbp*
- *ovo je već ranije opisano, a i slika desno je upravo preslika iz ranije poslanog dokumenta*

S-www	Osovina sa dva rukavca	[0]



- *Vidi se da ovaj izradak ima 3 presjeka, a u album bi se stavila 4 presjeka budući je potrebno obuhvatiti i lijevo i desno čelo izratka. Dakle uvijek potreban broj presjeka plus 1.*
- *Obzirom da je moguće da se unutar intervala istog osnovnog oblika mogu nalaziti dodatne značajke izratka, kao npr. bočne rupe, iako se radi o istom osnovnom obliku profila, mjerna slika se razlikuje u detaljima.*

S-www	MS: X=50	[0]



- *Obzirom na karakter razlike u mjerni album se stavljaju smo mjerne slike kod kojih počinje ili novi osnovni oblik ili osnovni oblik ostaje isti ali se mijenja karakteristična izmjera osnovnog oblika, Npr. mjerna slika u kojoj prestaje rukavac promjera 50 mm, a počinje rukavac promjera 75 m*

IZABIRU SE MJERNE SLIKE KOJE ĆE BITI ULOŽENE U MJERNI ALBUM

- *Programerski posao i izbor pohrane podataka*
- *prijedlog je t128MjerniAlbum*
- *ili u samoj btp aplikaciji, pri čemu ne bi bilo potrebe za zapisom „međupodataka“ u OTPbp*
- *Uz ranije definirane podatke o presjeku u mjerni album se upisuje i X koordinata na kojoj prethodni osnovni oblik ili karakteristična izmjera (npr. promjer za okrugli oblik) prestaje. Ova točka je ujedno i početna točka novog presjeka u mjernom albumu.*

T-xxxx	IZLAZNI PODACI MJERNE SLIKE U MJERNI ALBUM								1-1
POLOŽAJ		OBLIK			KARAKTERISTIČNE IZMJERE				
i	X_i	Osnovni	Radijalni	Aksijalni	D	OK	H	a	b
0,00	0,10	OKRUGLO	puno		98,00				
1,00	1,10	OKRUGLO	puno		99,00				
2,00	2,10	OKRUGLO	puno		100,00				
3,00	3,10	OKRUGLO	krnji		100,00				
...									
n	=L(mm)	ŠESTEROKUTNI	puno			27,00			

Moguća stanja oblika				Značenje oznake karakteristične izmjere				
1	OKRUGLI	cijeli	puni	promjer	otvor ključa	visina profila	širina	visina
2	KVADRATNI	krnji	otvori					
3	PLOSNATI	izbušeni	rupičast					
4	ŠESTEROKUTNI	profilni	profil					
5	OSMEROKUTNI							
6	L PROFIL							
7	C PROFIL (U)							
8	I PROFIL							
9	SLOŽENI							

- *Razlika između startne i završne točke ujedno je i duljina presjeka, te je i to podatak koji se upisuje u mjerni album*

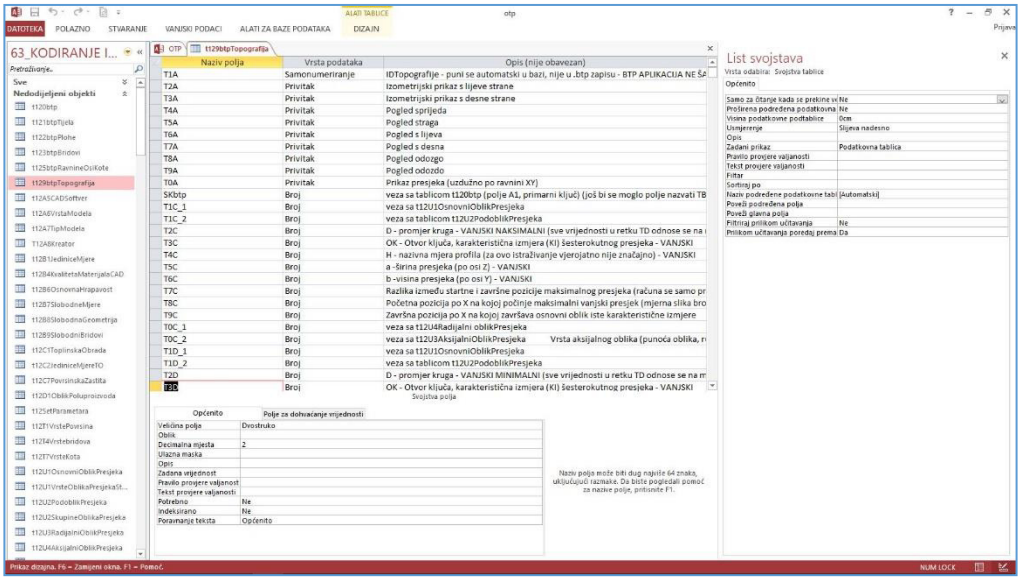
ZAPIS PODATAKA U MJERNI ALBUM

- *Set podataka o odabranim mjernim slikama*
  Izlazni set podataka mjerne slike, dopunjen sa duljinom osnovnog presjeka (i završnom točkom po X osi)
- *Zajednički set podataka vezan uz sve mjerne slike*
  Ovaj set podataka obuhvaća zbirne podatke o svim mjernim slikama, pa i onima koje nisu uvrštene u mjerni album.
  Upisuju se ukupni podaci po različitim kriterijima osnovnog oblika i podoblika, te radijalnih i aksijalnih značajki.

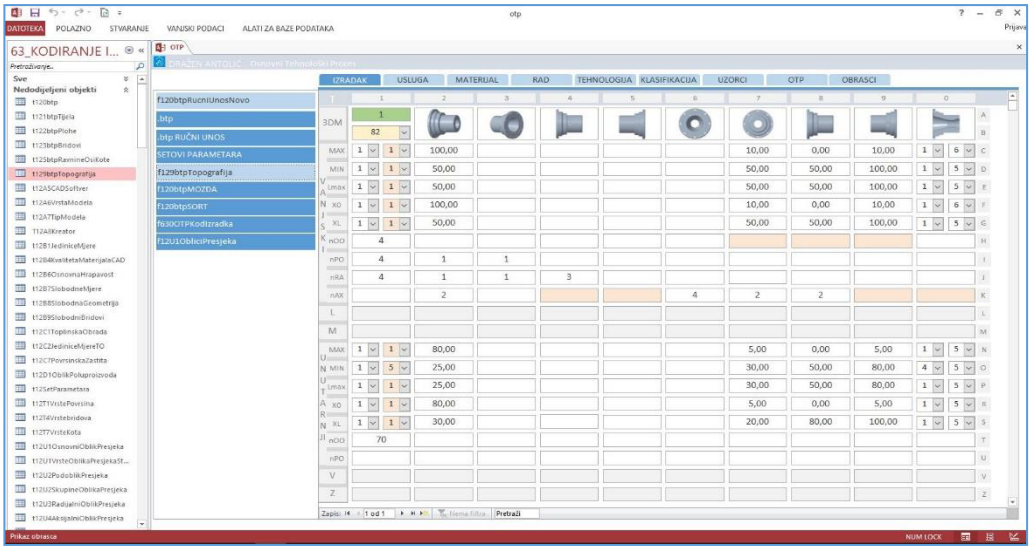
SET GEOMETRIJSKIH PODATAKA ZA DALJNJU OBRADU

IZABIRU SE PODACI ZA UPIS U

- *podaci se upisuju u t129btpGeometrija u OTPbp*
- *tablica je u potpunosti definirana, a ima i slobodnih mjesta u slučaju potrebe za upisom ne planiranih podataka.*



- *u OTPbp napravljen je i obrazac za prikaz topografskih podataka na ekranu, a naziva se f129btpGeometrija*



Vidljivo je da se u završne podatke, uz zajedničke podatke, upisuju posebno i podaci za 5 VANJSKIH i UNUTARNJIH PRESJEKA, i to:

- *MAX - Maksimalni presjek*
- *MIN - Minimalni presjek*
- *Lmax - Presjek koji je kontinuirano najdulji u 3DM (npr. presjek istog promjera)*
- *X0 – Presjek na lijevom čelu 3DM (točnije 0,1 mm pomaknuto u desno: X0=0,1mm)*
- *XL - Presjek na desnom čelu 3DM (točnije 0,1 mm pomaknuto u lijevo: X0=L -0,1mm)*

Za napomenuti je da su obavezni podaci potrebni za provedbu istraživanja samo podaci o VANJSKOM MAKSIMALNOM i UNUTARNJEM MINIMALNOM presjeku. Istraživanje se može provesti i bez ostalih podataka

PRILOG E

OBLICI PRESJEKA U OTP METODI

Sadržaj

1. Okrugli oblici presjeka 2
2. Pravokutni oblici 8
3. N-kutni oblici 15
4. Profilni oblici 19

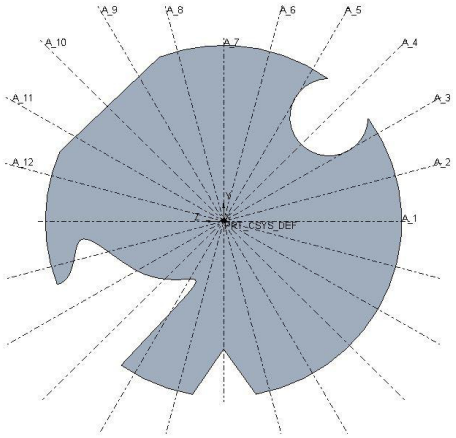
U mOTP koristi se sustav karakterističnih izmjera oblika presjeka.
Definirani su osnovni oblici presjeka, pri čemu ni jedan od njih nema istu kombinaciju karakterističnih izmjera.
Mogući osnovni oblici presjeka u mOTP i njihove karakteristične izmjere prikazani su u T-01.

T-01	OBLICI PRESJEKA I POTREBNE KARAKTERISTIČNE IZMJERE					
Redni broj	OBLIK PRESJEKA	KARAKTERISTIČNA IZMJERA OBLIKA PRESJEKA				
		ϕ	*OK*	H	a	b
1	Krug	■				
2	Kvadrat				■	
3	Pravokutnik				■	■
4	Šesterokut		■			
5	Profil			■	za L profil (raznokutni)	za L profil
6	Osmerokut VRH	■	■			
7	Osmerokut BRID		■		■	
8	Složeni	■			■	■
9	Kombinirani	■			■	■
10	Krivuljni	■			■	■
11	Ostali	■			■	■

Tabele u nastavku označene su prema skupini oblika kojoj pripadaju, a ne po rastućem rednom broju. U prilogu ne postoji npr. T-02; T03,…. nego slijedeća tabela kreće od T-10 (za okrugle oblike).
Svaka skupina započinje sa različitom prvom znamenkom.

1. Okrugli oblici presjeka

T-10	OKRUGLO OPĆENITO			*01-01*
Ulazni podaci				
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
2	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izračunato*
3				
4				
Uvjeti				
1	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	>8		prebrojeno
2	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	>2		prebrojeno
3	$qR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	>1		prebrojeno
4				
5				
6				
7				



Izlazni podaci	kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija					
Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Okruglo	općenito	općenito	općenito		prema jednadžbi
Izmjere ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$					na temelju X_{i+1}-X_i	ϕ

Napomene

Slučaj u kojem nije utvrđen ni jedan osnovni oblik, a ni jedan od podoblika okruglih presjeka

Pod osnovni oblik podrazumijeva se okruglo, pravokutno, šesterokutno, osmerokutno, L, U, I profil

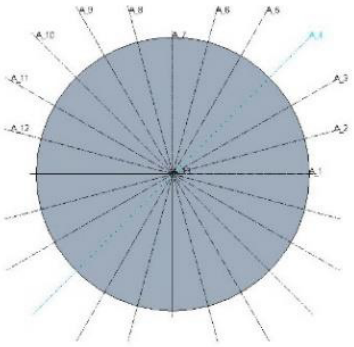
Uvjeti opisno

Ako je broj zraka maksimalne duljine veći od 8 (dakle 9 i više zraka imaju Rmax)

AND *Ako je broj nizova zraka maksimalne duljine veći od 2 (broj maksimalnih zraka jedne do druge po rednom broju), Dakle ako zrake iste duljine nisu raspršene, nego postoje barem tri intervala u kojima su susjedne zrake maksimalne duljine*

AND *Ako je broj zraka u maksimalnom nizu zraka veći od 1 (ovaj uvjet se podrazumijeva čim postoji niz zraka maksimalne duljine, pa nije ni bio potreba. Dakle ovdje bi se mogao koristii uvjet da barem jedan od minimalno 3 intervala bude sa određenim brojem zraka.*
To znači: u slučaju kada je broj maksimalnih zraka npr. 14, da bi se zaključilo da se ne radi o profinom okruglom obliku potrebno je da postoji barem tri intervala u kojima su maksimalne zrake susjedne (kod profila okruglog je uvjet da ne postoje susjedne zrake maksimalne duljine).

T-11	KRUG			01-01
Ulazni podaci				
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
2	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izračunato*
3				
4				
Uvjeti				
1	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	24		prebrojeno
2				
3				
4				
5				
6				
7				



Izlazni podaci kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija

Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Okruglo	potpuni (pravilni)	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi

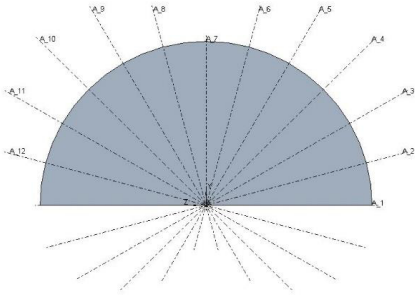
Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$					na temelju X_{i+1}-X_i	ϕ

Napomene

Dovoljan je jedan uvjet za prepoznavanje okruglog potpunog oblika

Način utvrđivanja radijalnog i aksijalnog oblika je detaljno definiran u tekstu OTP Topografija sažetak - vrijedi za sve oblike

T-12	POLUKRUG			01-01
Ulazni podaci				
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
2	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izračunato*
3				
4				
Uvjeti				
1	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	13		prebrojeno
2	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
3	$nD_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
4	$nR_{i;\vec{j};k_{\infty}}$	11		prebrojeno
5	$mR_{i;\vec{j};k_{\infty}}$	1		prebrojeno
6				
7				



Izlazni podaci kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija

Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Okruglo	Polukrug	nepotpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi

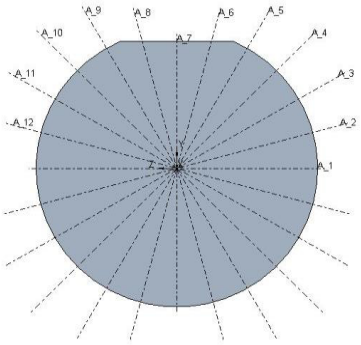
Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$					na temelju X_{i+1}-X_i	ϕ

Napomene

osjenčani uvjet nisu potrebni (prikazani su samo kao naznaka mogućnosti)

Potrebna operacija glodanja, (ili odrezivanja ako je grublja obrada i li manji izradci)

T-13	OKRUGLO - ODREZANO				01-01
Ulazni podaci					
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*	
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*	
3	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$			*izračunato*	
4					
Uvjeti					
1	$13 < nR_{i;\vec{j};k_{MAX}} < 24$			prebrojeno	
2	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno	
3					
4					
5					
6					
7					



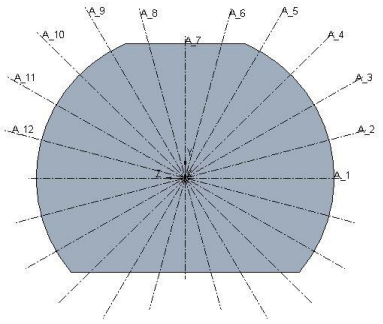
Izlazni podaci	kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija						
Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka	
	Okruglo	odrezano	nepotpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi	
Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$					na temelju X_{i+1}-X_i	ϕ

Napomene

sve maksimalne zrake su u istom nizu

za mOTP nije značajna razlika u odnosu na polukrug

T-14	OKRUGLO - DVOSTRUKO ODREZANO (za OK)				01-01
Ulazni podaci					
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*	
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*	
3	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$			*izračunato*	
4					
Uvjeti					
1	$11 < nR_{i;\vec{j};k_{MAX}} < 23$			prebrojeno	
2	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	2		prebrojeno	
3					
4					
5					
6					
7					



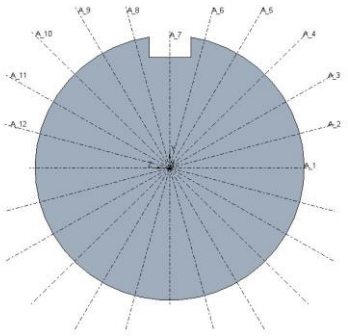
Izlazni podaci	kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija						
Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka	
	Okruglo	Dvostrano odrezano	nepotpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi	
Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$					na temelju X_{i+1}-X_i	ϕ

Napomene

maksimalne zrake su u dva niza

za mOTP nije značajna razlika u odnosu na odrezano, (isti tehnooški postupak).

T-15	OKRUGLO - UREZANO				01-01
Ulazni podaci					
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*	
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm		
3	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$				
4				*izmjereno*	
Uvjeti					
1	$20 < nR_{i;\vec{j};k_{MAX}} < 24$			prebrojeno	
2	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno	
3				prebrojeno	
4				prebrojeno	
5				prebrojeno	
6				izračunato	
7				prebrojeno	

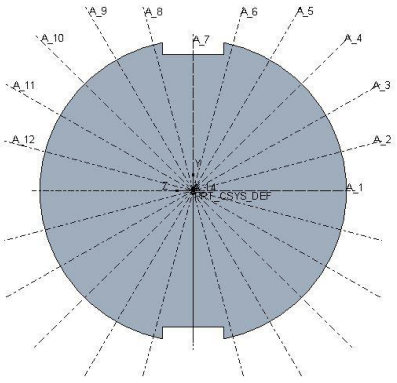


Izlazni podaci	kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija					
Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Okruglo	Urezano	nepotpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi
Izmjere ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$					na temelju X_{i+1}-X_i	ϕ

Napomene

Detaljnijom analizom mogao bi se pronaći uvjet koji razlikuje urezano od odrezanog (Zmax ili Ymax, ...) za mOTP nije značajna razlika u odnosu na odrezano, (isti tehnooški postupak).

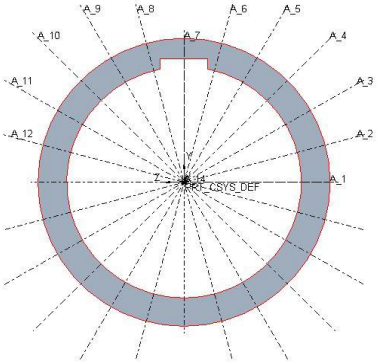
T-16	OKRUGLO - DVOSTRUKO UREZANO				01-01
Ulazni podaci					
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*	
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm		
3	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$				
4				*izmjereno*	
Uvjeti					
1	$17 < nR_{i;\vec{j};k_{MAX}} < 23$			prebrojeno	
2	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	2		prebrojeno	
3				prebrojeno	
4				prebrojeno	
5				prebrojeno	
6				izračunato	
7				prebrojeno	



Izlazni podaci	kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija					
Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Okruglo	Urezano	nepotpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi
Izmjere ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$					na temelju X_{i+1}-X_i	ϕ

Napomene

Detaljnijom analizom mogao bi se pronaći uvjet koji razlikuje urezano od odrezanog (Zmax ili Ymax, ...) za mOTP nije značajna razlika u odnosu na odrezano, (isti tehnooški postupak).

T-17	OKRUGLO IZDIGNUTO (UNUTARNJE UREZANO)				01-01
Ulazni podaci					
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*	
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*	
3	$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$			*izračunato*	
4					
Uvjeti					
1	$20 < nR_{i;\vec{j};k_{MIN}} < 24$			prebrojeno	
2	$mR_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno	
3					
4					
5					
6					
7					

Izlazni podaci kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija

Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Okruglo	potpuni (pravilni)	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi

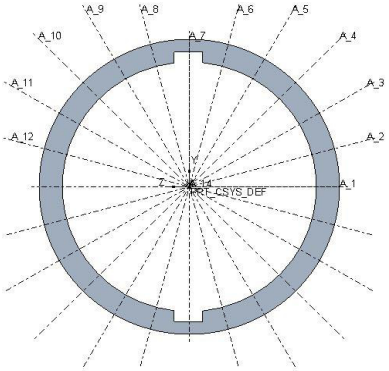
Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
	$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$					na temelju X_{i+1}-X_i	ϕ

Napomene

Poseban slučaj za unutarnje oblike

Uvjeti kao i za vanjski urezani oblik presjeka, samo se sada promatra minimalna duljina zrake, a ne maksimalna

Za mOTP značajan oblik (definira potrebu za posebnom obradom dubljenja ili provlačenja)

T-18	OKRUGLO DVOSTRUKO IZDIGNUTO (UNUTARNJE UREZANO)				01-01
Ulazni podaci					
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*	
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*	
3	$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$			*izračunato*	
4					
Uvjeti					
1	$17 < nR_{i;\vec{j};k_{MIN}} < 23$			prebrojeno	
2	$mR_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	2		prebrojeno	
3				prebrojeno	
4				prebrojeno	
5				prebrojeno	
6				izračunato	
7				prebrojeno	

Izlazni podaci kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija

Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Okruglo	potpuni (pravilni)	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi

Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$					na temelju X_{i+1}-X_i	ϕ

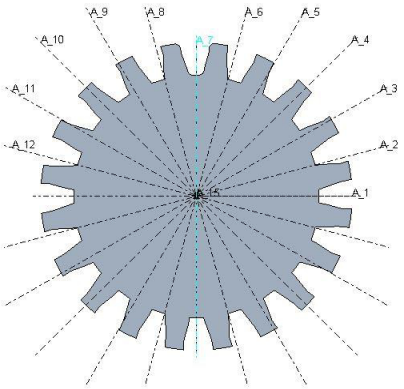
Napomene

Poseban slučaj za unutarnje oblike

Isto kao jednokratno izdignuto samo npr. za osovinu sa dva utora za klinove

Za mOTP značajan oblik (definira potrebu za posebnom obradom dubljenja ili provlačenja)

T-19	OKRUGLO - PROFILNO			*01-01*
Ulazni podaci				
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	
3				
4				*izmjereno*
Uvjeti				
1	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	>8		prebrojeno
2	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	0		prebrojeno
3				prebrojeno
4				prebrojeno
5				prebrojeno
6				izračunato
7				prebrojeno



Izlazni podaci	kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija					
Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Okruglo	Polukrug	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi
Izmjere ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
$2 \times R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$					na temelju X_{i+1}-X_i	ϕ

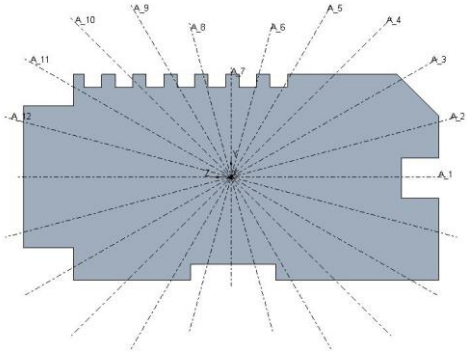
Napomene

Za mOTP je ovaj oblik značajan u slučaju zupčanika (potrebna dodatna obrada - ozubljivanje, a ne glodanje)

Za unutarnje promjere ovisno o prolaznosti rupe potrebna bi bila posebna obrada dubljenja ili provlačenja

2. Pravokutni oblici

T-20	PRAVOKUTNIK (PLOSNATO)				01-01
Ulazni podaci					
1	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*	
2	$Y_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*	
3	$Z_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*	
4	$Z_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*	
Uvjeti					
1	$nY_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	≥ 2		prebrojeno	
2	$nY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	≥ 2		prebrojeno	
3	$nZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	≥ 2		prebrojeno	
4	$nZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	≥ 2		prebrojeno	



Izlazni podaci	kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija					
Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Pravokutnik	Pravokutnik općenito	općenito	općenito		prema jednadžbi
Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
				$pZ_{i;\vec{j};k}$	$pY_{i;\vec{j};k}$	na temelju X_{i+1}-X_i	$\sqrt{a^2+b^2}$

Napomene

Potrebno su 4 uvjeta za utvrđivanje općenitog pravokutnog oblika presjeka.

Manji broj uvjeta je iz razloga što se definira samo osnovni oblik, i to samo općeniti oblik.

Prepoznavanje općenitog oblika je jednako pouzdano kao i prepoznavanje podoblika. Samo je manje detaljno.

Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Broj zraka sa maksimalnom udaljenošću od osi X u pozitivnom smjeru Y je najmanje 2. Barem dvije zrake.

U2: Broj zraka sa maksimalnom udaljenošću od osi X u negativnom smjeru osi Y je najmanje 2. Barem dvije zrake.

U3: Broj zraka sa maksimalnom udaljenošću od osi X u pozitivnom smjeru Z je najmanje 2. Barem dvije zrake.

U4: Broj zraka sa maksimalnom udaljenošću od osi X u negativnom smjeru osi Z je najmanje 2. Barem dvije zrake.

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima (u ovom slučaju 4 uvjeta)

Podoblik se definira ako nije osnovni oblik potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere

Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike

Aksijalni oblik se definira istim postupkom i istim uvjetima za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)

Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno,

Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera

Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenoh osnovnog oblika presjaka i zmjerenih duljina zraka.

U slučaju pravokutnika općenito, potrebne su dvije KI, i to po osima Z (a-širina), i Y (b(visina).

Obje izmjere se izračunavaju na isti način, i to kao razlika maksimalnog i minimalnog sjecišta po osi

$pY_{ijk} = Y_{ijk_{MAX}} - Y_{ijk_{MIN}}$

Predoznaka je p, što znači polje, ili interval, odnosno operaciju oduzimanja

$pZ_{ijk} = Z_{ijk_{MAX}} - Z_{ijk_{MIN}}$

U ovom slučaju Zmax je pozitivna vrijednost, a Zmin negativna, pa se zapravo vrijednosti zbrajaju

Primjer: Zmax =50; Zmin=-50, slijedi : 50-(-50) = 50+50 = 100 mm ("b"= širina) pravokutnika.

Isto vrijedi za "a"-visinu pravokutnika, samo se računa za udaljenosti sjecišta po osi Y.

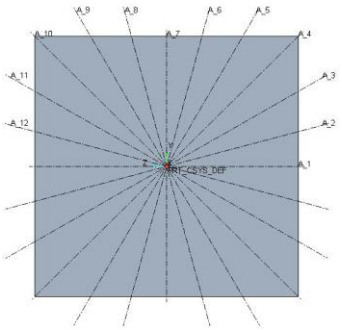
Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog položaja istog oblika. Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere.

Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.

D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka.

Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

T-21	KVADRAT			01-01
Ulazni podaci				
1	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
2	$Y_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*
3	$Z_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
4	$Z_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*
Uvjeti				
1	$mY_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
2	$qY_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	7		prebrojeno
3	$mY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno
4	$qY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	7		prebrojeno
5	$mZ_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
6	$qZ_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	7		prebrojeno
7	$mZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno
8	$qY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	7		prebrojeno
9	$\alpha R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	90		prebrojeno
10	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	4		prebrojeno
11	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	0		prebrojeno
12	$VS_{i;\vec{j};k}$	1		izračunato
13	$oD_{i;\vec{j};k}$	$\sqrt{2}$	$(\cong 1{,}4142)$	izračunato
14	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}} = Z_{i;\vec{j};k_{MAX}} = \lvert Y_{i;\vec{j};k_{MIN}} \rvert = \lvert Z_{i;\vec{j};k_{MIN}} \rvert$			



Izlazni podaci kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija

Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Pavokutnik	Kvadrat	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi
Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
				$pZ_{i;\vec{j};k}$		na temelju X_{i+1}-X_i	$\sqrt{2} \times a$

Napomene

Potrebno je 8 uvjeta za utvrđivanje kvadratnog oblika, i to na temelju samo pravokutnih koordinata

Moglo bi se koristiti i uvjeti vezani sa maksimalnim duljinama zrake, ili računski uvjeta tipa visine,...

Dodatni uvjeti navedeni su kao primjer mogućnosti, ali i kao usporedba razlike u odnosu na podoblike

Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake maksimalne po osi Z (Analogno vrijedi i za uvjete 1; 3; 5 i 7)

U2: 7 je maksimalni broj zraka u nizovima u kojem su visine zraka maksimalne po osi Z (visina)
Sedam susjednih zraka maksimalne visine. (Analogno vrijedi i za uvjete 2 ;4; 6 i 8)

Prvih 8 uvjeta dovoljno je za nedvojbeno definiranje kvadratnog oblika (s centrom u osi X)

Dodatni kriteriji vrijede, ali nisu nužni. Služe kao dodatna potvrda potpunosti oblika. (I za razlikovanje od podoblka)

U9: Zajednički kut između zraka maksimalne duljine je 90 stupnjeva. Ovdje se eferira na Rmax, a ne na Zmax ili Ymax.

U10: Broj zraka maksimalne duljine je 4

U11: broj nizova maksimalnih zraka je 0. Ne postoje dvije susjedne zrake u radijalnom setu koje bi bile maksimalne duljir

U12: Odnos visine i širine jedanko 1. Visina i širina su jednake (odnos dijagonala glavnih osi)

U13: Omjer maksimalne i minimalne dijagonale iznosi 1,4142... (zaokružiti vrijednost na 4 decimale i onda usporedba)

U14: I maksimalne i minimalne vrijednosti po obje osi u apsolutnom su iznosu jednake.

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima (u ovom slučaju 8 uvjeta, a može i svih 14)

Podoblik se definira ako nije osnovni oblik potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere

Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike

Aksijalni oblik se definira istim postupkom i istim uvjetima za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)

Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno,

Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera

Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenog osnovnog oblika presjaka i zmjerenih duljina zraka.

U slučaju kvadrata dovoljna je samo jedna izmjera KI=a, a izračunava se kao razlika između maksimalne i minimalne visine presjeka (Predoznaka je p, što znači polje, ili interval, odnosno operaciju oduzimanja)

$pZ_{ijk} = Z_{ijk_{MAX}} - Z_{ijk_{MIN}}$

U ovom slučaju Zmax je pozitivna vrijednost, a Zmin negativna, pa se zapravo vrijednosti zbrajaju

Primjer: Zmax =50; Zmin=-50, slijedi : 50-(-50) = 50+50 = 100 mm ("a"= širina i visina) kvadrata.

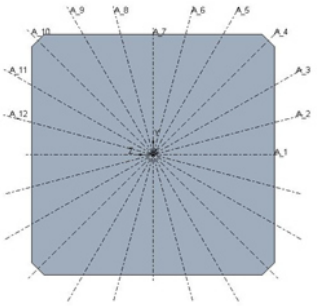
Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog položaja istog oblika. Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere.

Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.

D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka.

Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

T-22	KVADRAT SKOŠENI (ZAOBLJENI)				01-01
Ulazni podaci					
1	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*	
2	$Y_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*	
3	$Z_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*	
4	$Z_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*	
5	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*	
Uvjeti					
1	$mY_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno	
2	$qY_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	5		prebrojeno	
3	$mY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno	
4	$qY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	5		prebrojeno	
5	$mZ_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno	
6	$qZ_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	5		prebrojeno	
7	$mZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno	
8	$qY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	5		prebrojeno	
9	$\alpha R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	90		prebrojeno	
10	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	4		prebrojeno	
11	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	0		prebrojeno	
12	$VS_{i;\vec{j};k}$	1		izračunato	
13	$oD_{i;\vec{j};k}$	$<\sqrt{2}$	$(<1{,}4142)$	izračunato	
14	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}} = Z_{i;\vec{j};k_{MAX}} = \lvert Y_{i;\vec{j};k_{MIN}}\rvert = \lvert Z_{i;\vec{j};k_{MIN}}\rvert$				



Izlazni podaci	kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija						
Oblik presjeka		Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
		Pravokutnik	Kvadrat skošeni	potpuni-ne probušeni	puni		prema jednadžbi
Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
				$pZ_{i;\vec{j};k}$		na temelju X_{i+1}-X_i	$2\times R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$

Napomene

Potrebno je 9 uvjeta za utvrđivanje kvadratnog oblika, i to na temelju samo pravokutnih koordinata
Moglo bi se koristiti i uvjeti vezani sa maksimalnim duljinama zrake, ili računski uvjeta tipa visine,...
Isti set uvjeta kao kod kvadrata, samo za neke različite vrijednosti

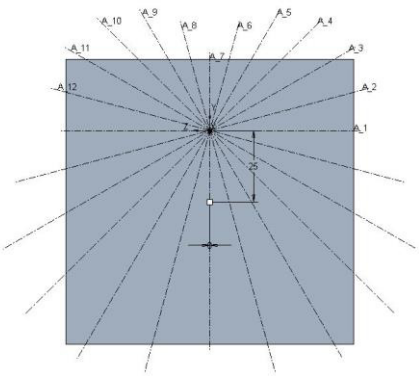
Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake maksimalne po osi Z (Analogno vrijedi i za uvjete 1; 3; 5 i 7)
U2: 5 je maksimalni broj zraka u nizovima u kojem su visine zraka maksimalne po osi Z (visina)
Pet susjednih zraka maksimalne visine. (Analogno vrijedi i za uvjete 2 ;4; 6 i 8)
Prvih 8 uvjeta dovoljno je za nedvojbeno definiranje kvadratnog oblika (s centrom u osi X)
Dodatni kriteriji vrijede, ali nisu nužni. Služe kao dodatna potvrda potpunosti oblika. (I za razlikovanje od podoblka)
U9: Zajednički kut između zraka maksimalne duljine je 90 stupnjeva. Ovdje se eferira na Rmax, a ne na Zmax ili Ymax.
U10: Broj zraka maksimalne duljine je 4
U11: broj nizova maksimalnih zraka je 0. Ne postoje dvije susjedne zrake u radijalnom setu koje bi bile maksimalne dulji
U12: Odnos visine i širine jedanko 1: Visina i širina su jednake (odnos dijagonala glavnih osi)
U13: Omjer maksimalne i minimalne dijagonale je manji od 1,4142... (zaokružiti vrijednost na 4 decimale i onda usporec
U14: I maksimalne i minimalne vrijednosti po obje osi u apsolutnom su iznosu jednake.

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima (u ovom slučaju 8 uvjeta, a može i svih 14)
Podoblik se definira ako nije osnovni oblik potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere
Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike
Aksijalni oblik se definira istim postupkom i istim uvjetima za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)
Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno,
Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera
Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenog osnovnog oblika presjaka i izmjerenih duljina zraka.
U slučaju kvadrata dovoljna je samo jedna izmjera KI=a, a izračunava se kao razlika između maksimalne i minimalne
$pZ_{i;j;k} = Z_{i;j;k_{MAX}} - Z_{i;j;k_{MIN}}$ visine presjeka (Predoznaka je p, što znači polje, ili interval, odnosno operaciju oduzimanja)
U ovom slučaju Zmax je pozitivna vrijednost, a Zmin negativna, pa se zapravo vrijednosti zbrajaju
Primjer: Zmax =50; Zmin=-50, slijedi : 50-(-50) = 50+50 = 100 mm ("a"= širina i visina) kvadrata.
Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik
da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog
položaja istog oblika. Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere.
Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.
D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka.
Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

T-23	KVADRAT ZAMAKNUT PO OSI Y (sa središtem koje nije u osi Z)			01-01
Ulazni podaci				
1	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
2	$Y_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*
3	$Z_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
4	$Z_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*
Uvjeti				
1	$mY_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
2	$mY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno
3	$mZ_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
4	$mZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno
5	$VS_{i;\vec{j};k}$	1		prebrojeno
6	$qY_{i;\vec{j};k_{MAX}} \neq qY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$			prebrojeno
7	$qZ_{i;\vec{j};k_{MAX}} = qZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$			prebrojeno
8	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}} + Y_{i;\vec{j};k_{MIN}} \neq 0$			
9	$Z_{i;\vec{j};k_{MAX}} + Z_{i;\vec{j};k_{MIN}} = 0$			



Izlazni podaci kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija

Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Pravokutnik	Kvadrat izvan osi Z	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi
Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
				$pZ_{i;\vec{j};k}$		na temelju X_{i+1}-X_i	$\sqrt{2} \times a$

Napomene

Potrebno je 9 uvjeta za utvrđivanje kvadratnog oblika sa centrom izvan osi Z

Oblik presjeka je kvadratni, ali sa pomaknutim središtem u odnosu na os Z (pomak po osi Y).

Mogući primjer je pravokutnik sa jednom poglodanom stranicom. Ili rukavac poglodan sa 4 strane, ali

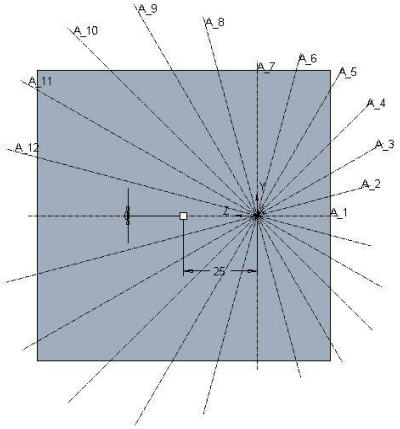
Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake maksimalne po osi Z.
U2: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake minimalne po osi Z.
U3: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake maksimalne po osi Y.
U4: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake minimalne po osi Y.
U5: Odnos visine i širine jedanko 1. Visina i širina su jednake (odnos dijagonala glavnih osi)
U6: Broj zraka u nizu zraka maksimalne duljine po Y nije jednak broju zraka u nizu zraka minimalne duljine po Y.
U7: Broj zraka u nizu zraka maksimalne duljine po Z jednak je broju zraka u nizu zraka minimalne duljine po Z.
U8: Zbroj udaljenosti makismalne točke od osi X i udaljenosti minimalne točke od osi X (u smjeru Y) nije jednako 0.
U9: Zbroj udaljenosti makismalne točke od osi X i udaljenosti minimalne točke od osi X (u smjeru Z) jednako je 0.

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima (u ovom slučaju 8 uvjeta, a može i svih 14)
Podoblik se definira ako nije osnovni oblik potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere
Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike
Aksijalni oblik se definira istim postupkom i istim uvjetima za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)
Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno,
Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera
Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenog osnovnog oblika presjaka i zmjerenih duljina zraka.
U slučaju kvadrata dovoljna je samo jedna izmjera KI=a, a izračunava se kao razlika između maksimalne i minimalne visine presjeka (Predoznaka je p, što znači polje, ili interval, odnosno operaciju oduzimanja)
$pZ_{i;j;k} = Z_{i;j;k_{MAX}} - Z_{i;j;k_{MIN}}$
U ovom slučaju Zmax je pozitivna vrijednost, a Zmin negativna, pa se zapravo vrijednosti zbrajaju
Primjer: Zmax =50; Zmin=-50, slijedi : 50-(-50) = 50+50 = 100 mm ("a"= širina i visina) kvadrata.
Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog položaja istog oblika. Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere.
Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.
D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka.
Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

T-24	KVADRAT ZAMAKNUT PO OSI Z (sa središtem koje nije u osi Y)			01-01
Ulazni podaci				
1	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
2	$Y_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*
3	$Z_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
4	$Z_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*
Uvjeti				
1	$mY_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
2	$mY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno
3	$mZ_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
4	$mZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno
5	$VS_{i;\vec{j};k}$	1		prebrojeno
6	$qY_{i;\vec{j};k_{MAX}} = qY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$			prebrojeno
7	$qZ_{i;\vec{j};k_{MAX}} \neq qZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$			prebrojeno
8	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}} + Y_{i;\vec{j};k_{MIN}} = 0$			
9	$Z_{i;\vec{j};k_{MAX}} + Z_{i;\vec{j};k_{MIN}} \neq 0$			



Izlazni podaci kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija

Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Pravokutnik	Kvadrat izvan osi Y	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi
Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
				$pZ_{i;\vec{j};k}$		na temelju X_{i+1}-X_i	$\sqrt{2} \times a$

Napomene

Potrebno je 9 uvjeta za utvrđivanje kvadratnog oblika sa centrom izvan osi Y

Oblik presjeka je kvadratni, ali sa pomaknutim središtem u odnosu na os Y (pomak po osi Z)

Mogući primjer je pravokutnik sa jednom poglodanom stranicom. Ili rukavac poglodan sa 4 strane, ali

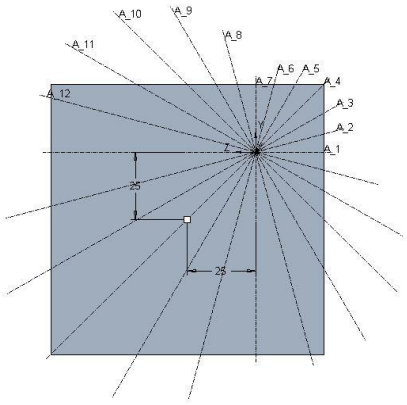
Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake maksimalne po osi Z.
U2: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake minimalne po osi Z.
U3: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake maksimalne po osi Y.
U4: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake minimalne po osi Y.
U5: Odnos visine i širine jedanko 1. Visina i širina su jednake (odnos dijagonala glavnih osi)
U6: Broj zraka u nizu zraka maksimalne duljine po Y jednak je broju zraka u nizu zraka minimalne duljine po Y.
U7: Broj zraka u nizu zraka maksimalne duljine po Z nije jednak broju zraka u nizu zraka minimalne duljine po Z.
U8: Zbroj udaljenosti makismalne točke od osi X i udaljenosti minimalne točke od osi X (u smjeru Y) jednako je 0.
U9: Zbroj udaljenosti makismalne točke od osi X i udaljenosti minimalne točke od osi X (u smjeru Z) nije jednako 0.

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima (u ovom slučaju 8 uvjeta, a može i svih 14)
Podoblik se definira ako nije osnovni oblik potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere
Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike
Aksijalni oblik se definira istim postupkom i istim uvjetima za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)
Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno,
Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera
Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenog osnovnog oblika presjaka i zmjerenih duljina zraka.
U slučaju kvadrata dovoljna je samo jedna izmjera KI=a, a izračunava se kao razlika između maksimalne i minimalne visine presjeka (Predoznaka je p, što znači polje, ili interval, odnosno operaciju oduzimanja)
$pZ_{ijk} = Z_{ijk_{MAX}} - Z_{ijk_{MIN}}$
U ovom slučaju Zmax je pozitivna vrijednost, a Zmin negativna, pa se zapravo vrijednosti zbrajaju
Primjer: Zmax =50; Zmin=-50, slijedi : 50-(-50) = 50+50 = 100 mm ("a"= širina i visina) kvadrata.
Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog položaja istog oblika. Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere. Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.
D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka. Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

T-25	KVADRAT ZAMAKNUT PO OBJE OSI (sa središtem koje nije ni u osi Y, ni u osi Z)			01-01
Ulazni podaci				
1	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
2	$Y_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*
3	$Z_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
4	$Z_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*
Uvjeti				
1	$mY_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
2	$mY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno
3	$mZ_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
4	$mZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno
5	$VS_{i;\vec{j};k}$	1		prebrojeno
6	$qY_{i;\vec{j};k_{MAX}} \neq qY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$			prebrojeno
7	$qZ_{i;\vec{j};k_{MAX}} \neq qZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$			prebrojeno
8	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}} + Y_{i;\vec{j};k_{MIN}} \neq 0$			
9	$Z_{i;\vec{j};k_{MAX}} + Z_{i;\vec{j};k_{MIN}} \neq 0$			



Izlazni podaci kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija

Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Pravokutnik	Kvadrat izvan osi Y	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi
Izmjere ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
			$pZ_{i;\vec{j};k}$		na temelju X_{i+1}-X_i	$\sqrt{2} \times a$

Napomene

Potrebno je 9 uvjeta za utvrđivanje kvadratnog oblika sa centrom izvan osi Y

Oblik presjeka je kvadratni, ali sa pomaknutim središtem u odnosu na bje osi (Y,Z). Centar kvadrata nije ni na Y,

Mogući primjer je pravokutnik sa dvije poglodane stranicom. Ili rukavac poglodan sa 4 strane, ali nesimetrično

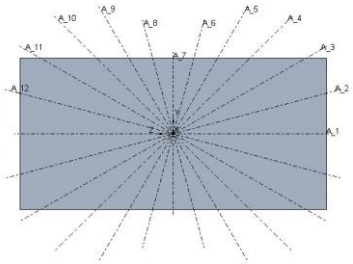
Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake maksimalne po osi Z.
U2: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake minimalne po osi Z.
U3: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake maksimalne po osi Y.
U4: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake minimalne po osi Y.
U5: Odnos visine i širine jedanko 1. Visina i širina su jednake (odnos dijagonala glavnih osi)
U6: Broj zraka u nizu zraka maksimalne duljine po Y nije jednak broju zraka u nizu zraka minimalne duljine po Y.
U7: Broj zraka u nizu zraka maksimalne duljine po Z nije jednak broju zraka u nizu zraka minimalne duljine po Z.
U8: Zbroj udaljenosti makismalne točke od osi X i udaljenosti minimalne točke od osi X (u smjeru Y) nije jednako 0.
U9: Zbroj udaljenosti makismalne točke od osi X i udaljenosti minimalne točke od osi X (u smjeru Z) nije jednak0 0.

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima (u ovom slučaju 8 uvjeta, a može i svih 14)
Podoblik se definira ako nije osnovni oblik potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere
Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike
Aksijalni oblik se definira istim postupkom i istim uvjetima za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)
Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno,
Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera
Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenog osnovnog oblika presjaka i zmjerenih duljina zraka.
U slučaju kvadrata dovoljna je samo jedna izmjera KI=a, a izračunava se kao razlika između maksimalne i minimalne
$pZ_{i;j;k} = Z_{i;j;k_{MAX}} - Z_{i;j;k_{MIN}}$ visine presjeka (Predoznaka je p, što znači polje, ili interval, odnosno operaciju oduzimanja)
U ovom slučaju Zmax je pozitivna vrijednost, a Zmin negativna, pa se zapravo vrijednosti zbrajaju
Primjer: Zmax =50; Zmin=-50, slijedi : 50-(-50) = 50+50 = 100 mm ("a"= širina i visina) kvadrata.
Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik
da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog
položaja istog oblika. Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere.
Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.
D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka.
Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

T-26	PRAVOKUTNIK (PLOSNATO)			01-01
Ulazni podaci				
1	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
2	$Y_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*
3	$Z_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	*izmjereno*
4	$Z_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	*izmjereno*
Uvjeti				
1	$mY_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
2	$mY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno
3	$mZ_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
4	$mZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	1		prebrojeno
5	$VS_{i;j;k}$	$\neq 1$		izračunato
6	$qY_{i;\vec{j};k_{MAX}} = qY_{i;\vec{j};k_{MIN}}$			uspoređeno
7	$qZ_{i;\vec{j};k_{MAX}} = qZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$			uspoređeno
8	$qY_{i;\vec{j};k_{MAX}} \neq qZ_{i;\vec{j};k_{MAX}}$			uspoređeno
9	$qY_{i;\vec{j};k_{MIN}} \neq qZ_{i;\vec{j};k_{MIN}}$			uspoređeno
10	$qY_{i;\vec{j};k_{MAX}} + qZ_{i;\vec{j};k_{MAX}} \geq 12$			prebrojeno
11	$qY_{i;\vec{j};k_{MIN}} + qZ_{i;\vec{j};k_{MIN}} \geq 12$			prebrojeno
12	$Y_{i;\vec{j};k_{MAX}} + Y_{i;\vec{j};k_{MIN}} = 0$			izračunato
13	$Z_{i;\vec{j};k_{MAX}} + Z_{i;\vec{j};k_{MIN}} = 0$			izračunato



Izlazni podaci kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija

Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Pravokutnik	Pravokutnik - plosnato	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi

Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
				$pZ_{i;\vec{j};k}$	$pY_{i;\vec{j};k}$	na temelju X_{+1}-X	$\sqrt{a^2+b^2}$

Napomene

Potrebno je 13 uvjeta za utvrđivanje kvadratnog oblika

U slučaju simetričnog pravokutnika obzirom na os X, doovljno bi bilo samo prvih 9 uvjeta

Uvjeti 10 i 11 potvrđuju da se radi o potpunom obliku, a uvjeti 12 i 13 da se radi o simetričnom obzirom na os X

Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake maksimalne po osi Y (svamaksimalna sjecišta po Y su u istom nizu).
U2: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake minimalne po osi Y
U3: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake maksimalne po osi Z
U4: Samo je jedan niz u kojem su susjedne zrake minimalne po osi Z
U5: Omjer visine i širine oblika različit je od 1. Visina i širina nisu iste, pa dakle ne može biti kvadratni oblik.
U6: Maksimalni broj zraka u nizu zraka sa sjecištem maksimalno udaljenim od osi X u smjeru osi Y jednak je za oba smje
U7: Isto kao U6, ali za presjecišta u smjeru osi Z.
U8: Broj zraka u nizu po osi Y nije jednak broju zraka u nizu po osi Z. Promatraju se bridovi gornjeg desnog vrha.
U9: Broj zraka u nizu po osi Y nije jednak broju zraka u nizu po osi Z. Promatraju se bridovi donjeg lijevog vrha.
U10: Zbroj zraka u nizovima koji počinju u gornjem desnom kutu je >= 12.(u slučaju da zraka broj 4 sjeće sam kut =14)
U11: Zbroj zraka u nizovima koji počinju u donjem desnom kutu je >= 12. (u slučaju da zraka broj 16 sjeće sam kut =14)
12 je broj zraka polovice oblika, a 14 je poseban slučaj kada zraka prolazi kroz kut. U tom slučaju: zraka je zajednička okomitom i vodoravnom bridu, pa se pribraja dva puta (12+2=14).
U12: Zbroj duljine maksimalne i minimalne zrake po Y =0. Točke su jednako udaljene od osi X. Oblik je simetričan po Z os
U13: Isto kao i U12, samo za os Z. (oko osi X se mijenja predznak, pa se zbroj svodi na oduzimanje)

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima (u ovom slučaju 9 uvjeta, a još bolje i svih 14)
Podoblik se definira ako nije osnovni oblik potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere
Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike
Aksijalni oblik se definira istim postupkom i istim uvjetima za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)
Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno,
Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera
Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenoh osnovnog oblika presjaka i zmjerenih duljina zraka.

U slučaju pravokutnika potrebne su dvije KI, i to po osima Z (a-širina), i Y (b(visina).

$pY_{i;j;k} = Y_{i;j;k_{MAX}} - Y_{i;j;k_{MIN}}$
$pZ_{i;j;k} = Z_{i;j;k_{MAX}} - Z_{i;j;k_{MIN}}$

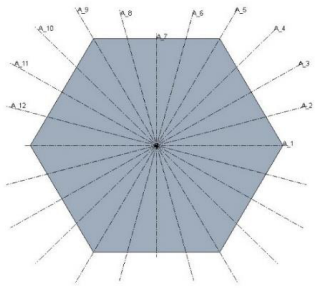
Obje izmjere se izračunavaju na isti način, i to kao razlika maksimalnog i minimalnog sjecišta po osi
Predoznaka je p, što znači polje, ili interval, odnosno operaciju oduzimanja
U ovom slučaju Zmax je pozitivna vrijednost, a Zmin negativna, pa se zapravo vrijednosti zbrajaju
Primjer: Zmax =50; Zmin=-50, slijedi : 50-(-50) = 50+50 = 100 mm ("b"= širina) pravokutnika.
Isto vrijedi za "a"-visinu pravokutnika, samo se računa za udaljenosti sjecišta po osi Y.

Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog položaja istog oblika. Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere.
Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.

D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka.
Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

3. N-kutni oblici

T-61	ŠESTEROKUT			01-01
Ulazni podaci				
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izmjereno
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izmjereno
3	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izračunato
4	$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izračunato
Uvjeti				
1	$\alpha R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	60°		prebrojeno
2	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	6		prebrojeno
3	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	0		prebrojeno
4	$mR_{i;\vec{j};k_{\#MAX}}$	6		prebrojeno
5	$qR_{i;\vec{j};k_{\#MAX}}$	3		prebrojeno
6	$oD_{i;\vec{j};k}$	1,155		izračunato
7	$OR\ (qV_{i;\vec{j};k_{MAX}} = 5;\ qH_{i;\vec{j};k_{MAX}} = 5)$			prebrojeno



Izlazni podaci	kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija						
Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka	
	Šesterokut	pravilan-potpuni	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi	
Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
		$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$				na temelju X_{i+1}-X_i	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$

Napomene

Potrebno je 7 uvjeta za utvrđivanje šesterokutnog oblika

Potrebno je poznavati polarne koordinate, ali ipodatke o broju maksimalnihprojiciranih visina i širina presjeka

Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Zajednički kut između zraka maksimalne duljine je 60 stupnjeva. (Moglo bi se to smatrati i minimalnim kutom)

U2: Ukupno je u mjernoj slici 6 zraka maksimalne duljine

U3: Broj nizova maksimalnih susjednih zraka je 0. Ne postoje dvije susjedne zrake koje bi bile maksimalne duljine.

U4: Broj nizova traka različite duljine od maksimalne je 6.

U5: Maksimalni broj zraka u nekom od nizova zraka različite duljine od maksimalne je 3.
Ovdje se moglo reći i da je u svakom nizu"različitih" zraka uključenoi točno 3 zrake

U6: Omjer maksimalne i minimalne dijagonale iznosi 1,155... (zaokružiti vrijednost na 3 decimale i onda usporedba)
Radi se o omjeru opisane i upisane kružnice ("o" je prefiks za omjer (odnos), a "D" za dijagonale)
Omjer se uvijek odnosi na kvocijent maksimalne i minimalne vijednosti iste značajke (D= dijagonal

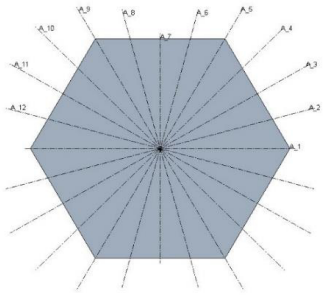
U7: Složeni uvjet tipa ILI (OR). U šesterokutu je ili 5 maksimalnih visina, ili 5 maksimalnih širina
Uvjet je složen iz razloga što može biti šesterokut dvojako orijentiran u odnosu na koordinatni sus
Otvor ključa (OK) sječe uvijek 5 zraka koje sa svojim zrcalnim zrakama predstavljaju visinu ili širinu
Ukoliko je vrh šesterokuta u osi Y bit će OK u smjeru osi Z (širina). Oznaka širine je H (Horizontalno)
Ukoliko je vrh šesterokuta u osi Z bit će OK u smjeru osi Y visina). Oznaka visine je V (Vertikalno)

$V_{i;j;k} = Y_{i;j;k} - Y_{i;\underset{\sim}{j};k}$ vertikala, projicirana udaljenost na os Y sjecišta zrcalnih, preko osi Z, zraka
predstavlja zrcalnu zraku preko osi Z koordinatnog sustava
$\underset{\sim}{j}$ zrcalne zrake: 2-24; 3-23; 4-22; 5-21; 6-20; 7-19; 8-18; 9-17; 10-16; 11-15; 12-14
definira se za 11 pravaca, odnosno zraka (j=2 do 12)
Analogno vrijedi za horizontalu (samo je zrcaljenje preko osi Y). Detaljno opisano u tekstu
Mogao se dodati i uvjet da su tih 5 projiciranih maksimalnih visina u nizu jedna do druge $\left(nV_{i;\vec{j};k_{MAX}} = 1\right)$

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima. U ovom slučaju 7 uvjeta, a može i osm $\left(nV_{i;\vec{j};k_{MAX}} = 1\right)$
Podoblik se definira ako osnovni oblik nije potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere
Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike
Aksijalni oblik se definira istim postupkom za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)
Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno.
Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera
Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenoh osnovnog oblika presjaka i izmjerenih duljina zraka.
U slučaju šesterokuta dovoljna je samo jedna izmjera KI1=OK, a izračunava se kao minimalna dijag
U ovom slučaju je minimalna dijagonala upravo promjer upisane kružnice
Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik
da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog
položaja istog oblika). Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere.
Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.
D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka.
Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

T-62	ŠESTEROKUT ZAOBLJENI			01-01
Ulazni podaci				
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izmjereno
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izmjereno
3	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izračunato
4	$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izračunato
Uvjeti				
1	$\alpha R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	60°		prebrojeno
2	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	6		prebrojeno
3	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	0		prebrojeno
4	$mR_{i;\vec{j};k_{\#MAX}}$	6		prebrojeno
5	$qR_{i;\vec{j};k_{\#MAX}}$	3		prebrojeno
6	$oD_{i;\vec{j};k}$	<1,155		izračunato
7	$OR\ (qV_{i;\vec{j};k_{MAX}} = 5;\ qH_{i;\vec{j};k_{MAX}} = 5\ )$			prebrojeno



Izlazni podaci	kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija					
Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Šesterokut	pravilan-potpuni	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi
Izmjere ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
	$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$				na temelju X_{i+1}-X_i	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$

Napomene

Potrebno je 7 uvjeta za utvrđivanje šesterokutnog oblika

Potrebno je poznavati polarne koordinate, ali ipodatke o broju maksimalnihprojiciranih visina i širina presjeka

Općenito, vrijedi sve isto kao i za šesterokut, samo se sedmi uvjet mijenja na način da treba biti manji od 1,155

Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Zajednički kut između zraka maksimalne duljine je 60 stupnjeva. (Moglo bi se to smatrati i minimalnim kutom)

U2: Ukupno je u mjernoj slici 6 zraka maksimalne duljine

U3: Broj nizova maksimalnih susjednih zraka je 0. Ne postoje dvije susjedne zrake koje bi bile maksimalne duljine.

U4: Broj nizova traka različite duljine od maksimalne je 6.

U5: Maksimalni broj zraka u nekom od nizova zraka različite duljine od maksimalne je 3.
Ovdje se moglo reći i da je u svakom nizu"različitih" zraka uključenoi točno 3 zrake

U6: Omjer maksimalne i minimalne dijagonale je **manji od** 1,155... (zaokružiti vrijednost na 3 decimale i usporedba)
Radi se o omjeru opisane i upisane kružnice ("o" je prefiks za omjer (odnos), a "D" za dijagonale)
Omjer se uvijek odnosi na kvocijent maksimalne i minimalne vijednosti iste značajke (D= dijagonale

U7: Složeni uvjet tipa ILI (OR). U šesterokutu je ili 5 maksimalnih visina, ili 5 maksimalnih širina
Uvjet je složen iz razloga što može biti šesterokut dvojako orijentiran u odnosu na koordinatni sus
Otvor ključa (OK) sječe uvijek 5 zraka koje sa svojim zrcalnim zrakama predstavljaju visinu ili širinu
Ukoliko je vrh šesterokuta u osi Y bit će OK u smjeru osi Z (širina). Oznaka širine je H (Horizontalno)
Ukoliko je vrh šesterokuta u osi Z bit će OK u smjeru osi Y visina). Oznaka visine je V (Vertikalno)

$V_{i;j;k} = Y_{i;j;k} - Y_{i;j;k}$ vertikala, projicirana udaljenost na os Y sjecišta zrcalnih, preko osi Z, zraka
predstavlja zrcalnu zraku preko osi Z koordinatnog sustava

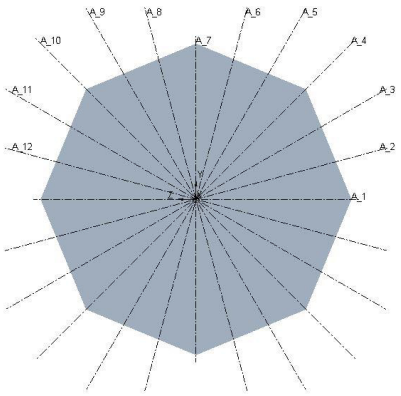
j zrcalne zrake: 2-24; 3-23; 4-22; 5-21; 6-20; 7-19; 8-18; 9-17; 10-16; 11-15; 12-14
definira se za 11 pravaca, odnosno zraka (j=2 do 12)
Analogno vrijedi za horizontalu (samo je zrcaljenje preko osi Y). Detaljno opisano u tekstu

Mogao se dodati i uvjet da su tih 5 projiciranih maksimalnih visina u nizu jedna do druge $(nV_{i;\vec{j};k_{MAX}} = 1)$

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima. U ovom slučaju 7 uvjeta, a može i osmi:
Podoblik se definira ako osnovni oblik nije potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere
Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike
Aksijalni oblik se definira istim postupkom za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)
Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno.
Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera
Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenoh osnovnog oblika presjaka i izmjerenih duljina zraka.
U slučaju šesterokuta dovoljna je samo jedna izmjera KI1=OK, a izračunava se kao minimalna dijag
U ovom slučaju je minimalna dijagonala upravo promjer opisane kružnice
Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik
da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog
položaja istog oblika. Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakterističke izmjere.
Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.
D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka.
Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

T-63	OSMEROKUT SA VRHOM U OSI Z			01-01
Ulazni podaci				
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izmjereno
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izmjereno
3	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izračunato
4	$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izračunato
Uvjeti				
1	$\alpha R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	45°		prebrojeno
2	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	8		prebrojeno
3	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	0		prebrojeno
4	$mR_{i;\vec{j};k_{\#MAX}}$	8		prebrojeno
5	$qR_{i;\vec{j};k_{\#MAX}}$	2		prebrojeno
6	$VS_{i;\vec{j};k}$	1		izračunato
7	$D_{i;j;k_{7+19}} = D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$			uspoređeno



Izlazni podaci kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija

Oblik presjeka		Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
		Osmerokut	pravilan -VRH	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi
Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$				na temelju X_{i+1}-X_i	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$

Napomene

Potrebno je 7 uvjeta za utvrđivanje osmerokutnog oblika sa vrhom u osi Y ili Z

Dovoljno je poznavati polarne koordinate

Ovisno o usmjerenosti osmerokuta u odnosu na os Y ili Z, mogući su i dodatni uvjeti tipa ILI

Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Zajednički kut između zraka maksimalne duljine je 45 stupnjeva. (Moglo bi se to smatrati i minimalnim kutom)

U2: Ukupno je u mjernoj slici 8 zraka maksimalne duljine

U3: Broj nizova maksimalnih susjednih zraka je 0. Ne postoje dvije susjedne zrake koje bi bile maksimalne duljine.

U4: Broj nizova zraka različite duljine od maksimalne je 8.

U5: Maksimalni broj zraka u nekom od nizova zraka različite duljine od maksimalne je 2.
Ovdje se moglo reći i da je u svakom nizu"različitih" zraka uključeno točno 2 zrake

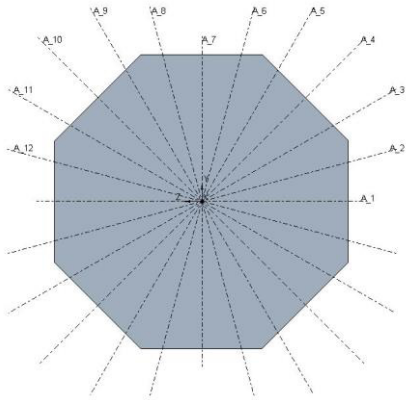
U6: Odnos visine i širine oblika presjeka (visina u osi Y i širina u osi Z) je 1.
$VS_{i;j;k} = \frac{D_{i;j;k_{7+19}}}{D_{i;j;k_{1+19}}}$ Radi se o omjeru dijagonala glavnih osi. Moglo se to izraziti i kao $VS_{i;j;k} = SV_{i;j;k}$

U7: Duljina glavna dijagonala (po osi Y) je jednaka duljini maksimalne dijagonale. Vrijedi i za glavnu dijagonalu po osi Z

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima. U ovom slučaju 7 uvjeta.
Podoblik se definira ako nije osnovni oblik potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere
Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike
Aksijalni oblik se definira istim postupkom i istim uvjetima za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)
Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno,
Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera
Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenoh osnovnog oblika presjaka i izmjerenih duljina zraka.
U slučaju osmerokuta "VRH" u mOTP su potrebne dvije karakteristične izmjere:
KI1=OK upisuje se promjer upisane kružnice, kao i kod šesterokuta
KI2=ϕ upisuje se promjer opisane kružnice, ali u polje promjera (ϕ, kao kod kruga)
U ovom slučaju minimalna dijagonala nije promjer upisane kružnice, nego nešto ve
Bilo bi dovoljno i samo OK, ali se koristi ovaj zapis da se naglasi da se ne radi o šeste
Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik
da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantiticirati (razlika između početnog i završnog
položaja istog oblika. Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere.
Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.
D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka.
Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

T-64	OSMEROKUT SA BRIDOM PARALELNIM SA OSI Y			01-01
Ulazni podaci				
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izmjereno
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izmjereno
3	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izračunato
4	$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izračunato
Uvjeti				
1	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	16		prebrojeno
2	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	8		prebrojeno
3	$qR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	2		prebrojeno
4	$nR_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	8		prebrojeno
5	$mR_{i;\vec{j};k_{\#MIN}}$	0		prebrojeno
6	$\alpha R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$	45°		prebrojeno
7	$VS_{i;\vec{j};k}$	1		izračunato
8	$D_{i;j;k_{7+19}} < D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$			uspoređeno



Izlazni podaci	kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija					
Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	Osmerokut	pravilan -BRID	potpuni-neprobušeni	puni		prema jednadžbi
Izmjere ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
	$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		na temelju X_{i+1}-X_i	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$

Napomene

Potrebno je 8 uvjeta za utvrđivanje osmerokutnog oblika sa bridom paralelnim sa osi Y

Dovoljno je poznavati polarne koordinate (ovaj oblik se već približava krugu, pa su polarne koordinate dobar

Ovisno o usmjerenosti osmerokuta u odnosu na os Y ili Z, mogući su i dodatni uvjeti tipa ILI

Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Broj zraka maksimalne duljine je 16 . Pri tome zrake nisu ujedno i promjer opisane kružnice osmerokuta, manje su.

U2: Broj nizova maksimalnih susjednih zraka je 8. Postoji 8 intervala na kojima su zrake maksimalne duljine susjedne

U3: Maksimali broj zraka u nizu zraka maksimalne duljine je 2. Samo dvije susjedne zrake maksimalne duljine.

U4: Broj zraka minimalne duljine je 8. Pri tome su zrake ujedno i promjer upisane kružnice osmerokuta.

U5: Broj nizova minimalnih susjednih zraka je 0. Ne postoji interval na kojima su zrake minimalne duljine susjedne

U6: Zajednički kut između zraka minimalne duljine je 45 stupnjeva. (Moglo bi se to smatrati i minimalnim kutom)

U7: Odnos visine i širine oblika presjeka (visina u osi Y i širina u osi Z) je 1.

$VS_{i;j;k} = \frac{D_{i;j;k_{7+19}}}{D_{i;j;k_{7+19}}}$ Radi se o omjeru dijagonala glavnih osi. Moglo se to izraziti i kao $VS_{i;j;k} = SV_{i;j;k}$

U8: Duljina glavna dijagonala (po osi Y) je manja od duljine maksimalne dijagonale. Vrijedi i za glavnu dijagonalu po osi Z

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima (u ovom slučaju 7 uvjeta)

Podoblik se definira ako osnovni oblik nije potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere

Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike

Aksijalni oblik se definira istim postupkom za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)

Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno,

Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera

Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenoh osnovnog oblika presjaka i izmjerenih duljina zraka.

U slučaju osmerokuta "BRID" u mOTP su potrebne dvije karakteristične izmjere:

KI1=OK upisuje se promjer upisane kružnice, kao i kod šesterokuta

KI2=a upisuje se promjer upisane kružnice, ali u polje širine (a, kao kod kvadrata)

U ovom slučaju je minimalna dijagonala upravo promjer upisane kružnice

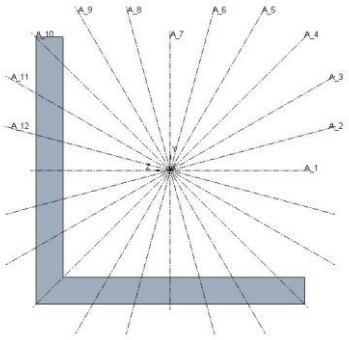
Bilo bi dovoljno i samo OK, ali se koristi ovaj zapis da se naglasi da se ne radi o šeste

Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog položaja istog oblika. Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere. Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.

D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka. Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

4. Profilni oblici

T-71	L oblik - istokračni			01-01
Ulazni podaci				
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izmjereno
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izmjereno
3	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izračunato
4	$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izračunato
Uvjeti				
1	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	3		prebrojeno
2	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	0		prebrojeno
3	$nD_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	1		prebrojeno
4	$nR_{i;\vec{j};k_{\infty}}$	11		prebrojeno
5	$mR_{i;\vec{j};k_{\infty}}$	1		prebrojeno
6	$nR_{i;\vec{j};k_{\#MAX}}$	10		prebrojeno
7	$mR_{i;\vec{j};k_{\#MAX}}$	2		prebrojeno
8	$qR_{i;\vec{j};k_{\#MAX}}$	5		prebrojeno
9	nMP_{i_2}	13		prebrojeno
10	mMP_{i_2}	1		prebrojeno



Izlazni podaci kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija

Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	L oblik - istokračni	pravilan-potpuni	otvoreni-neprobušeni	otvoreni		prema jednadžbi

Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
			$\frac{D_{i;\vec{j};k_{MAX}}}{\sqrt{2}}$			na temelju X_{i+1}-X_i	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$

Napomene

Potrebno je 8 uvjeta za utvrđivanje L oblika. Dodatna 2 uvjeta (sivo osjenčano) nisu nužna

Potrebno je poznavati polarne koordinate. Zbog orijentacije profila u prostoru pravokutne koordinate nisu

Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Broj zraka maksimalne duljine je 3. (Drugim riječima: ukupno su u mjernoj slici 4 zrake maksimalne duljine)

U2: Broj nizova maksimalnih susjednih zraka je 0. Ne postoje dvije susjedne zrake koje bi bile maksimalne duljine.

U3: Broj maksimalnih dijagonala je 1. Samo je jedna dijagonala (komplementarne zrake na istom pravcu) najdulja

U4: Broj zraka bez sjecišta je 11.

U5: Broj nizova zraka bez sjecišta je 1. Drugim riječima: sve zrake bez sjecišta poredane su jedna do druge).

U6: Broj zraka duljine veće od nule, a manje od maksimalne zrake je 10 (Broj zraka koje imaju sjecište, ali manje od ma

U7: Broj nizova zraka koje zadovoljavaju uvjet U5 je 2.

U8: Maksimalni broj zraka u nekom od nizova zraka različite duljine od maksimalne je 5.
Ovdje se moglo reći i da je u svakom nizu"različitih" zraka uključeno točno 5 zraka.

daljnji uvjeti su neobavezni, ali poželjni za preciznije definiranje oblika. Uz navedena 2 moglo bi ih biti i više

U9: Broj mjernih zraka koje imaju samo dva sjecišta je 13. Samo dva sjecišta znači i točno 2 sjecišta (ni više ni manje)

U10: Broj nizova zraka koje zadovoljavaju uvjet U8 je 1. (Sve zrake sa dva sjecišta poredane su jedna do druge)

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima. U ovom slučaju 8 uvjeta, a može i na temelju svih 10.

Podoblik se definira ako osnovni oblik nije potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere

Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike

Aksijalni oblik se definira istim postupkom za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)

Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno.

Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera

Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenoh osnovnog oblika presjeka i izmjerenih duljina zraka.

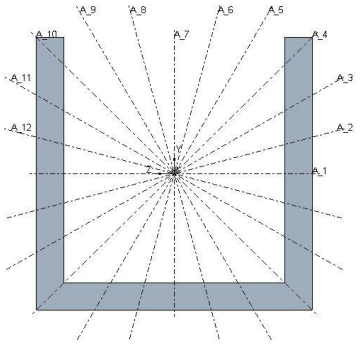
U slučaju istokračnog L profila dovoljna je samo jedna izmjera KI1=H (nazivna mjera oblika)

U ovom slučaju visina profila (i širina) jednaka je veličini maksimalne dijagonale podijeljene sa 1,4

Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog položaja istog oblika). Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere. Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.

D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka. Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

T-72	U oblik (C) - istokračni			01-01
Ulazni podaci				
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izmjereno
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izmjereno
3	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izračunato
4	$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izračunato
Uvjeti				
1	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	4		prebrojeno
2	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	0		prebrojeno
3	$nD_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	2		prebrojeno
4	$nR_{i;\vec{j};k_{\infty}}$	5		prebrojeno
5	$mR_{i;\vec{j};k_{\infty}}$	1		prebrojeno
6	$nR_{i;\vec{j};k_{\#MAX}}$	15		prebrojeno
7	$mR_{i;\vec{j};k_{\#MAX}}$	3		prebrojeno
8	$qR_{i;\vec{j};k_{\#MAX}}$	5		prebrojeno
9	nMP_{i_2}	19		prebrojeno
10	mMP_{i_2}	1		prebrojeno



Izlazni podaci kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija

Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	U oblik (C) - istokračni	pravilan-potpuni	otvoreni-neprobušeni	otvoreni		prema jednadžbi

Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
			$\frac{D_{i;\vec{j};k_{MAX}}}{\sqrt{2}}$			na temelju X_{i+1}-X_i	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$

Napomene

Potrebno je 8 uvjeta za utvrđivanje U ili C oblika oblika. Dodatna 2 uvjeta (sivo osjenčano) nisu nužna

Potrebno je poznavati polarne koordinate. Zbog orijentacije profila u prostoru pravokutne koordinate nisu

Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Broj zraka maksimalne duljine je 4. (Drugim riječima: ukupno su u mjernoj slici 4 zrake maksimalne duljine)

U2: Broj nizova maksimalnih susjednih zraka je 0. Ne postoje dvije susjedne zrake koje bi bile maksimalne duljine.

U3: Broj maksimalnih dijagonala je 2. Dvije su dijagonale (komplementarne zrake na istom pravcu) najdulje

U4: Broj zraka bez sjecišta je 5.

U5: Broj nizova zraka bez sjecišta je 1. Drugim riječima: sve zrake bez sjecišta poredane su jedna do druge).

U6: Broj zraka duljine veće od nule, a manje od maksimalne zrake je 15 (Broj zraka koje imaju sjecište, ali manje od ma

U7: Broj nizova zraka koje zadovoljavaju uvjet U5 je 3.

U8: Maksimalni broj zraka u nekom od nizova zraka različite duljine od maksimalne je 5.
Ovdje se moglo reći i da je u svakom nizu"različitih" zraka uključeno točno 5 zraka.

daljnji uvjeti su neobavezni, ali poželjni za preciznije definiranje oblika. Uz navedena 2 moglo bi ih biti i više

U9: Broj mjernih zraka koje imaju samo dva sjecišta je 19. Samo dva sjecišta znači i točno 2 sjecišta (ni više ni manje)

U10: Broj nizova zraka koje zadovoljavaju uvjet U8 je 1. (Sve zrake sa dva sjecišta poredane su jedna do druge)

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima. U ovom slučaju 8 uvjeta, a može i na temelju svih 10.

Podoblik se definira ako osnovni oblik nije potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere

Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike

Aksijalni oblik se definira istim postupkom za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)

Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno.

Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera

Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenog osnovnog oblika presjeka i izmjerenih duljina zraka.

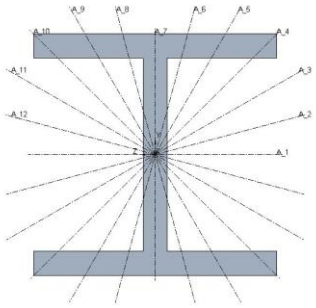
U slučaju istokračnog U ili C oblika dovoljna je samo jedna izmjera KI1=H (nazivna mjera oblika)

U ovom slučaju visina profila (i širina) jednaka je veličini maksimalne dijagonale podijeljene sa 1,4

Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog položaja istog oblika). Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere. Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.

D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka. Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.

T-73	I oblik - istostraničan			01-01
Ulazni podaci				
1	$R_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izmjereno
2	$R_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izmjereno
3	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$		mm	izračunato
4	$D_{i;\vec{j};k_{MIN}}$		mm	izračunato
Uvjeti				
1	$nR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	4		prebrojeno
2	$mR_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	0		prebrojeno
3	$nD_{i;\vec{j};k_{MAX}}$	2		prebrojeno
4	$nR_{i;\vec{j};k_{\infty}}$	0		prebrojeno
5	nMP_{i_1}	12		prebrojeno
6	mMP_{i_1}	2		prebrojeno
7	qMP_{i_1}	5		prebrojeno
8	nMP_{i_2}	0		prebrojeno
9	nMP_{i_3}	12		prebrojeno
10	mMP_{i_3}	4		prebrojeno
11	qMP_{i_3}	3		prebrojeno



Izlazni podaci kao ulazni podaci za tabelu t129btpTopografija

Oblik presjeka	Osnovni oblik	Podoblik	*Radijalni*	Aksijalni	X (početak presjeka)	Površina presjeka
	I oblik - istostraničan	pravilan-potpuni	potpuni-neprobušeni	puno		prema jednadžbi

Izmjere	ϕ	*OK*	H	a	b	L (duljina osnovnog oblika)	*D-ekvivalent*
			$\frac{D_{i;\vec{j};k_{MAX}}}{\sqrt{2}}$			na temelju X_{i+1}-X_i	$D_{i;\vec{j};k_{MAX}}$

Napomene

Potrebno je 11 uvjeta za utvrđivanje I oblika oblika.

Potrebno je poznavati polarne koordinate. Zbog orijentacije profila u prostoru pravokutne koordinate nisu

I oblik je neka vrsta punog, ali i otovrenog profila, pa su potrebni podaci o brojevima sjecišta na zrakama

Uvjeti opisno (tekstom)

U1: Broj zraka maksimalne duljine je 4. (Drugim riječima: ukupno su u mjernoj slici 4 zrake maksimalne duljine)

U2: Broj nizova maksimalnih susjednih zraka je 0. Ne postoje dvije susjedne zrake koje bi bile maksimalne duljine.

U3: Broj maksimalnih dijagonala je 2. Dvije su dijagonale (komplementarne zrake na istom pravcu) najdulje

U4: Broj zraka bez sjecišta je 0. Nema zrake bez sjecišta. To je osnovna razlika u odnosu na otvorene oblike

U5: Broj zraka sa jednim sjecištem je 12. Dvije u okomitoj osi profila, i po 5 sa svake strane okomite stijenke.

U6: Broj nizova zraka sa 2 sjecišta je 2. Postoje dva intervala u kojem su susjedne zrake sa samo jednim sjecištem.

U7: Maksimalni broj zraka u nekom od nizova zraka sa samo jednim sjecištem je 5.
Ovdje se ne bi moglo reći i da je u svakom nizu zraka sa jednim sjecištem uključenoi točno 5 zraka.
To je iz razloga jer ima ukupno 12 zraka, a 2 intervala po 5 zraka (12>(2x5)) .
Dvije zrake su izvan intervala, i to upravo one koje tvore glavnu dijagonalu (po osi Y).

U8: Broj zraka sa točno 2 sjecišta je 0. Nema zraka koje bi imale baš 2 sjecišta.

U9: Broj zraka sa tri sjecišta je 12.

U10: Broj nizova zraka sa 3 sjecišta je 4. Postoje četiri intervala u kojem su susjedne zrake sa točno 3 sjecišta.

U11: Maksimalni broj zraka u nekom od nizova zraka sa točno tri sjecišta je 3.
Ovdje bi se moglo reći i da su u svakom nizu zraka sa 3 sjecišta uključenoi točno 5 zraka.
To je iz razloga jer ima ukupno 12 zraka, a 4 intervala po 3 zrake je ukupno 12 zraka.

Izlazni podaci (vrijedi za sve oblike)

Osnovni oblik defnira se navedenim uvjetima. U ovom slučaju 11 uvjeta.

Podoblik se definira ako osnovni oblik nije potpun i pravilan (za nepotpune oblike). Bitan je redoslijed provjere

Radijalni oblik se definira na temelju posebno opisanih uvjeta koji vrijede uvijek za sve oblike

Aksijalni oblik se definira istim postupkom za sve oblike (kao i radijalni, samo drugi uvjeti)

Početak presjeka je položaj seta radijalnih zraka (mjerne slike) po osi X. Ide s lijeva na desno, iterativno.

Površina presjeka je opcijski podatak, a definira se na temelju jednadžbe za utvrđeni oblik i karakterističnih izmjera

Karakteristične izmjere definiraju se na temelju utvrđenog osnovnog oblika presjeka i izmjerenih duljina zraka.

U slučaju istokračnog I oblika dovoljna je samo jedna izmjera KI1=H (nazivna mjera oblika)

U ovom slučaju visina profila (i širina) jednaka je veličini maksimalne dijagonale podijeljene sa 1,4

Duljina oblika se ne može odrediti samo na temelju jedne mjerne slike, ali je u tabeli predviđena kao podsjetnik
da će se u jednom trenutku ovaj podatak trebati kvantificirati (razlika između početnog i završnog
položaja istog oblika). Pod istim oblikom smatra se oblik koji ima iste karakteristične izmjere.
Dakle, na kontinuitet oblika ne utječu radijalne ili aksijalne promjene uzduž osnovnog oblika.

D-ekvivalent je podatak koji se odnosi na promjer opisane kružnice promatranog oblika presjeka.
Pojednostavljeno, promjer okrugle šipke iz koje bi se mogao napraviti promatrani oblik presjeka.